



TUGAS AKHIR - MN 141581

**PERANCANGAN APLIKASI BERBASIS ANDROID UNTUK
MONITORING KINERJA FITTER DENGAN
MENGUNAKAN PERANGKAT TEKNOLOGI YANG DAPAT
DIKENAKAN (*WEARABLE DEVICE*)**

**Mohamad Rival Faozi
NRP 04111440000017**

**Dosen Pembimbing
Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M. Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - MN 141581

**PERANCANGAN APLIKASI BERBASIS ANDROID UNTUK
MONITORING KINERJA FITTER DENGAN
MENGUNAKAN PERANGKAT TEKNOLOGI YANG DAPAT
DIKENAKAN (*WEARABLE DEVICE*)**

**Mohamad Rival Faozi
NRP 04111440000017**

**Dosen Pembimbing
Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M. Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - MN 141581

**DESIGN OF ANDROID BASED APPLICATION FOR FITTER
PERFORMANCE MONITORING USING WEARABLE
TECHNOLOGY DEVICE**

**Mohamad Rival Faozi
NRP 04111440000017**

**Supervisor
Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M. Sc.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN APLIKASI BERBASIS ANDROID UNTUK MONITORING KINERJA *FITTER* DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT TEKNOLOGI YANG DAPAT DIKENAKAN (*WEARABLE DEVICE*)


TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Industri Perkapalan
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MOHAMAD RIVAL FAOZI
NRP 0411144000017

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:
Dosen Pembimbing


Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.
NIP 19610914198701 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Arsyawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, JULI 2018

LEMBAR REVISI

PERANCANGAN APLIKASI BERBASIS ANDROID UNTUK MONITORING KINERJA FITTER DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT TEKNOLOGI YANG DAPAT DIKENAKAN (WEARABLE DEVICE)

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 05 Juli 2018

pada
Bidang Keahlian Industri Perkapalan
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MOHAMAD RIVAL FAOZI
NRP 04111440000017

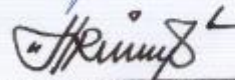
Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.
2. Dr. Ir. Heri Supomo, M. Sc.
3. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.
4. Imam Baihaqi, S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M. Sc.

SURABAYA, 19 JULI 2018



Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M. Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan tugas akhir ini;
2. Septia Hardy Sujianti, S. T., M. T., Dr. Ir. Heri Supomo, M. Sc., Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S. T., M. T., Imam Baihaqi, S. T., M. T., M. Sholikhhan Arif, S. T., M. T., Sufian Imam Wahidi, S. T., M. Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan laporan tugas akhir ini;
3. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T. selaku dosen wali penulis yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini;
4. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan;
5. PT. PAL Indonesia (persero) yang telah bersedia memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini;
6. Bapak Supriyono selaku Manajer *Hull Construction* PT. PAL Indonesia (persero) yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.;
7. PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (DPS) (persero) yang telah memberikan dukungan dan masukan dalam penyelesaian tugas akhir ini;
8. Kedua Orang Tua yang senantiasa memberikan doa dan dukungannya untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
9. Kakak, Adik, serta Sanak Saudara Penulis yang telah banyak memberikan support dukungan mental pada penulisan tugas akhir ini;
10. Teman-teman Shipbuilding Engineering 2014 yang telah memberikan bantuan, dorongan, dan semangat untuk penyelesaian tugas akhir ini;

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 06 Agustus 2018

Mohamad Rival Faozi

PERANCANGAN APLIKASI BERBASIS ANDROID UNTUK MONITORING KINERJA FITTER DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT TEKNOLOGI YANG DAPAT DIKENAKAN (WEARABLE DEVICE)

Nama Mahasiswa : Mohamad Rival Faozi
NRP : 04111440000017
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M. Sc.

ABSTRAK

Pada proses pengawasan pembangunan kapal baru diperlukan pengawasan oleh seorang pengawas proyek, yang memiliki tanggung jawab sebagai *productivity control*. Saat ini pelaksanaan pengawasan masih dilakukan secara manual oleh pengawas proyek. Aplikasi dirancang untuk mempermudah pekerjaan dalam melakukan pengawasan kinerja. Aplikasi tersebut menggunakan perangkat yang dapat dikenakan (*wearable device*) pada tubuh *fitter*. Dengan demikian diharapkan mampu untuk melakukan pengawasan dalam waktu yang sebenarnya (*real time monitoring system*). Melalui pengawasan ini dapat digunakan dalam pengambilan tindakan untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja *fitter* tersebut. Alat *wearable device* dilengkapi dengan sensor yang terdiri dari 2 jenis sensor gerak yaitu sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Alat *wearable device* tersebut menggunakan sistem *Inertial Measurement Unit* (IMU) dengan *arduino* sebagai *Microcontroller Unit* (MCU). Didapatkan lokasi bagian tubuh yang dominan bergerak pada pelaksanaan kegiatan *fitter* yaitu *marking* (penandaan), *cutting* (pemotongan), dan *tag weld* (pengelasan titik). Bagian tubuh tersebut adalah *right fore arm* (tangan kanan bawah) dan *lower spine* (punggung bawah). Selain itu, pada percobaan tugas akhir ini didapatkan *patern* (pola) grafik dan nilai MSE (*Mean Squared Error*) dari setiap kegiatan atau aktifitas kerja yang dilakukan. Sistem aplikasi akan me-*recognize* (mengakui) sebagai kegiatan kerja melalui nilai MSE yang dihasilkan oleh sistem. Apabila nilai MSE pada setiap sumbu yaitu sumbu x, sumbu y, dan sumbu z mempunyai nilai yang kecil maka sistem aplikasi akan me-*recognize* (mengakui) sebagai kegiatan kerja. Namun apabila nilai MSE yang dihasilkan besar maka sistem akan menyatakan sebagai bukan kegiatan kerja. Dengan demikian, alat dan sistem aplikasi yang dirancang dapat melakukan *monitoring* kegiatan atau aktifitas kerja dari seorang *fitter*. Selain itu juga dapat diketahui faktor yang mempengaruhi tingkat keakuratan sistem yaitu *noise*. Hal ini akan mempengaruhi keakuratan pembacaan data yang dihasilkan oleh sensor yang digunakan.

Kata kunci: Perancangan Sistem Aplikasi, *Monitoring Kinerja, Fitter, Wearable Device*.

DESIGN OF ANDROID BASED APPLICATION FOR FITTER PERFORMANCE MONITORING USING WEARABLE TECHNOLOGY DEVICE

Author : Mohamad Rival Faozi
Student Number : 04111440000017
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M. Sc.

ABSTRACT

Supervision by a project supervisor is needed in new shipbuilding process, who has responsibility as productivity control. Current monitoring process is performed manually by project supervisor. Application is designed to make work performance monitoring easier. This application use a wearable device on fitter body. Thus, this application is expected to be able to conduct monitoring in real time (real time monitoring system). These monitoring can be used to perform evaluation on fitter performance. Wearable device tool equipped with sensors which consist of 2 types of motion sensors; accelerometer and gyroscope sensor. This wearable device is using Inertial Measurement Unit (IMU) with arduino as Microcontroller Unit (MCU). This research obtain the locations of the dominant moving body parts on the implementation of fitter activities, which are marking, cutting, and tag weld. Parts of the body are right fore arm and lower spine. In addition, this final project also obtain pattern graphs and Mean Squared Error (MSE) value of any activities or work activities done. The application system will recognize as a work activity through the value of mse generated by the system. If MSE value on each axis namely x axis, y-axis, and z-axis has small value then application system will recognize as work activity. But if MSE value generated is large, then the system will not recognize it as working activities. Thus these tools and application systems are designed to monitor activity or work activities of a fitter. Furthermore, there is also known factors affecting the accuracy of the system which is noise. This will affect data reading accuracy generated by the sensors used.

Keywords: Android-Based Application, Performance Monitoring, Fitter, Wearable Device.

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| LEMBAR REVISI..... | iv |
| KATA PENGANTAR | vi |
| ABSTRAK..... | vii |
| ABSTRACT | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR TABEL | xvii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.5 Manfaat | 3 |
| 1.6 Hipotesis..... | 3 |
| BAB 2 STUDI LITERATUR | 5 |
| 2.1 Perancangan | 5 |
| 2.2 Aplikasi Berbasis Android | 5 |
| 2.3 <i>Monitoring</i> Kinerja..... | 6 |
| 2.4 <i>Fitter</i> (Tukang Pas/Pengepas) | 7 |
| 2.4.1 <i>Fitter</i> Fabrikasi (<i>Fabrication Fitter</i>) | 7 |
| 2.4.2 <i>Fitter</i> Pipa (<i>Pipe Fitter</i>) | 12 |
| 2.4.3 <i>Fitter</i> Mekanik (<i>Mechanical Fitter</i>) | 13 |
| 2.5 <i>Motion Study</i> (Pembelajaran Gerak) | 13 |
| 2.5.1 Komponen Fisik Gerak Manusia | 13 |
| 2.5.2 <i>Microcontroller Unit</i> (MCU)..... | 17 |
| 2.5.3 <i>Android Device</i> | 25 |
| 2.5.4 <i>Smartwatch</i> | 26 |
| 2.6 <i>Wearable Device</i> | 27 |
| 2.6.1 Kemajuan Perangkat Teknologi (<i>Wearable Device</i>) | 29 |
| 2.6.2 Klasifikasi Perangkat Teknologi yang Dapat Dikenakan (<i>Wearable Device</i>)..... | 29 |
| 2.6.3 Sensor Perangkat Teknologi (<i>Wearable Device</i>)..... | 34 |
| 2.7 Referensi Lain | 37 |
| 2.7.1 Perancangan Aplikasi Berbasis Komputer untuk Proses Manajemen Mutu pada Pembangunan Kapal Baru (Putra & Triwilaswandio, 2016)..... | 37 |
| 2.7.2 Perancangan Sistem Informasi Berbasis Komputer untuk <i>Monitoring</i> Aktivitas di Bengkel Produksi pada Pembangunan Kapal Baru (Pratama & Triwilaswandio, 2017)..... | 38 |
| 2.7.3 Perancangan Aplikasi Berbasis Android untuk Pemeriksaan Pengelasan pada Bangunan Kapal Baru (Achmafajri & Triwilaswandio, 2017)..... | 38 |
| 2.7.4 Perancangan Aplikasi Berbasis Android untuk Aktivitas Manajemen Material Galangan Kapal Baru (Wirayudha & Triwilaswandio, 2017)..... | 39 |

| | | |
|---|--|-----|
| 2.7.5 | Perancangan Aplikasi Komputer Berbasis Android untuk Survei Kondisi Kapal oleh <i>Owner Surveyor</i> (Haloho & Triwilaswandio, 2016) | 39 |
| 2.7.6 | Perancangan Aplikasi Komputer Berbasis Android untuk Panduan Pengawasan Pembangunan Kapal Baru oleh <i>Owner Surveyor</i> (Lasuardi & Triwilaswandio, 2016)..... | 39 |
| 2.7.7 | Perancangan Aplikasi Komputer Berbasis Android untuk Estimasi Biaya Reparasi Kapal Interaktif (Hansel & Triwilaswandio, 2016) | 40 |
| BAB 3 METODOLOGI | | 41 |
| 3.1 | Metode..... | 41 |
| 3.1.1 | <i>Motion Capture</i> (Perekaman Gerakan)..... | 41 |
| 3.1.2 | Penentuan Peletakan Modul Sensor..... | 42 |
| 3.1.3 | Sistem Aplikasi..... | 42 |
| 3.2 | Bahan dan Peralatan..... | 43 |
| 3.3 | Lokasi Pengerjaan | 43 |
| 3.4 | Diagram Alir | 43 |
| 3.4.1 | Studi Literatur | 45 |
| 3.4.2 | Observasi Lapangan..... | 45 |
| 3.4.3 | Penentuan Lokasi Peletakan Sensor | 46 |
| 3.4.4 | Perancangan Alat | 46 |
| 3.4.5 | Realisasi Alat | 47 |
| 3.4.6 | Menentukan Kegiatan Pengambilan Data | 48 |
| 3.4.7 | Analisa Gerakan..... | 49 |
| 3.4.8 | Perancangan Sistem Aplikasi | 49 |
| 3.4.9 | Pengambilan Data..... | 49 |
| 3.4.10 | Analisa Data..... | 51 |
| 3.4.11 | Simulasi | 51 |
| 3.4.12 | Penyusunan Laporan Akhir | 51 |
| BAB 4 AKTIVITAS PEKERJAAN <i>FITTER</i> | | 53 |
| 4.1 | Pendahuluan..... | 53 |
| 4.2 | Ruang Lingkup Pekerjaan (<i>Scope of Works</i>) <i>Fitter</i> | 53 |
| 4.2.1 | <i>Fabrication</i> (Fabrikasi)..... | 54 |
| 4.2.2 | <i>Assembly Fit-Up</i> (Perakitan)..... | 72 |
| 4.3 | Penentuan <i>Hardware</i> (Perangkat) yang Digunakan..... | 80 |
| 4.3.1 | <i>Microcontroller Unit</i> (MCU)..... | 81 |
| 4.3.2 | <i>Module Sensor</i> | 85 |
| 4.3.3 | <i>Module WiFi</i> | 88 |
| 4.4 | Penentuan Lokasi Sensor | 92 |
| 4.4.1 | Observasi dan Pengamatan Kegiatan Kerja <i>Fitter</i> | 92 |
| 4.4.2 | Penentuan Kegiatan Kerja <i>Fitter</i> | 114 |
| 4.4.3 | Simulasi Gerakan..... | 117 |
| 4.4.4 | Analisa Gerakan..... | 120 |
| 4.4.5 | Penentuan Lokasi Peletakan Sensor | 122 |
| 4.5 | Pengawasan Kinerja..... | 127 |
| 4.5.1 | Alur Pengawasan Kinerja | 127 |
| 4.5.2 | Indikasi Pemeriksaan pada <i>Inspection and Test Plan</i> | 128 |
| 4.6 | Pengawasan <i>Owner Surveyor</i> (OS) | 130 |
| 4.7 | Pengawasan <i>Quality Control</i> (QC) | 130 |
| 4.8 | Pengawasan Pihak Ketiga (Subkontraktor)..... | 131 |
| 4.9 | Sistem Pengawasan Pekerja Saat Ini..... | 132 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.9.1 | Penempatan Pekerja..... | 132 |
| 4.9.2 | Pengawasan Pekerja..... | 134 |
| 4.9.3 | Laporan Pengawasan | 136 |
| 4.9.4 | Perhitungan Pengawasan Pekerja pada Pembangunan Kapal Baru..... | 138 |
| 4.9.5 | Proses Penyampaian Laporan Pengawasan | 139 |
| 4.9.6 | Kelemahan Pengawasan Pekerja Pembangunan Kapal Baru Saat Ini | 140 |
| BAB 5 | PERANCANGAN APLIKASI..... | 141 |
| 5.1 | Program Aplikasi <i>Arduino</i> | 141 |
| 5.1.1 | Penjelasan Umum Program Aplikasi..... | 141 |
| 5.1.2 | Instalasi <i>Software Arduino IDE</i> | 141 |
| 5.1.3 | Perancangan Bahasa Pemrograman pada <i>Arduino IDE</i> | 143 |
| 5.1.4 | Konektivitas dengan <i>Wireless Fidelity (WiFi)</i> | 147 |
| 5.1.5 | Pengujian Alat Secara Keseluruhan..... | 149 |
| 5.2 | Perancangan Aplikasi (<i>Web Server</i>)..... | 151 |
| 5.2.1 | Konsep Perancangan Sistem..... | 151 |
| 5.2.2 | Parameter Aplikasi..... | 152 |
| 5.2.3 | Penjelasan Umum Aplikasi..... | 153 |
| 5.2.4 | <i>Data Flow Diagram (DFD)</i> | 153 |
| 5.2.5 | <i>System Interface Diagram (SID)</i> | 154 |
| 5.2.6 | Perancangan <i>Database</i> dan <i>Web Server</i> | 156 |
| 5.2.7 | Simulasi Aplikasi..... | 157 |
| BAB 6 | ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN | 165 |
| 6.1 | Analisa Data dan Pembahasan | 165 |
| 6.1.1 | <i>Marking</i> (Penandaan)..... | 165 |
| 6.1.2 | <i>Cutting</i> (Pemotongan)..... | 176 |
| 6.1.3 | <i>Tag Weld</i> (Pengelasan Titik) | 187 |
| 6.1.4 | Rekapitulasi Hasil Percobaan | 198 |
| 6.2 | Simulasi Alat..... | 199 |
| 6.2.1 | <i>Cutting</i> (Pemotongan)..... | 200 |
| 6.2.2 | <i>Tag Weld</i> (Pengelasan Titik) | 203 |
| 6.2.3 | <i>Marking</i> (Penandaan)..... | 206 |
| 6.2.4 | Rekapitulasi Perhitungan Nilai MSE..... | 210 |
| BAB 7 | KESIMPULAN DAN SARAN | 211 |
| 7.1 | Kesimpulan | 211 |
| 7.2 | Saran..... | 212 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 213 |
| | LAMPIRAN | |
| | LAMPIRAN A Data Pekerja | |
| | LAMPIRAN B <i>Sketch</i> (Program) <i>Arduino Uno</i> | |
| | LAMPIRAN C Data Hasil <i>Output</i> Modul Sensor | |
| | LAMPIRAN D Grafik Data Hasil <i>Output</i> Modul Sensor | |
| | LAMPIRAN E <i>Sketch</i> (Program) <i>WiFi Shield ESP 8266</i> | |
| | LAMPIRAN F Perhitungan Nilai <i>Mean Squared Error (MSE)</i> | |
| | BIODATA PENULIS | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Hasil Pengelasan Posisi 1F | 9 |
| Gambar 2.2 Hasil Pengelasan Posisi 1G | 9 |
| Gambar 2.3 Hasil Pengelasan Posisi 2F | 10 |
| Gambar 2.4 Hasil Pengelasan Posisi 2G | 10 |
| Gambar 2.5 Hasil Pengelasan Posisi 3F | 11 |
| Gambar 2.6 Hasil Pengelasan Posisi 3G | 11 |
| Gambar 2.7 Hasil Pengelasan Posisi 4F | 11 |
| Gambar 2.8 Hasil Pengelasan Posisi 4G | 12 |
| Gambar 2.9 Tipe Analisa Gerak Manusia | 14 |
| Gambar 2.10 Anatomi Bagian Tubuh Manusia | 16 |
| Gambar 2.11 Bidang dan Sumbu pada Tubuh Manusia | 17 |
| Gambar 2.12 Ruang Alamat Memori | 18 |
| Gambar 2.13 Skema <i>Microcontroller</i> | 19 |
| Gambar 2.14 <i>Inertial Measurement Unit</i> | 20 |
| Gambar 2.15 <i>Euler Angels</i> | 21 |
| Gambar 2.16 Tata Letak <i>ZX Gesture Sensor</i> | 22 |
| Gambar 2.17 Penggunaan 2 <i>ZX Gesture Sensor</i> untuk Pengumpulan Data 3 Dimensi | 23 |
| Gambar 2.18 Tiga sensor error: (a) <i>noise</i> , (b) <i>offset</i> , dan (c) <i>drift</i> | 24 |
| Gambar 2.19 Pengguna Menggunakan Sistem <i>Smartwatch</i> | 26 |
| Gambar 2.20 <i>Screenshot data-recording</i> | 27 |
| Gambar 2.21 <i>Smartwatch</i> | 31 |
| Gambar 2.22 <i>Smart Eyewear</i> | 31 |
| Gambar 2.23 <i>Fitness Tracker</i> | 32 |
| Gambar 2.24 <i>Smart Clothing</i> | 32 |
| Gambar 2.25 <i>Wearable Camera</i> | 33 |
| Gambar 2.26 <i>Wearable Medical Device</i> | 34 |
| Gambar 2.27 Sensor Lingkungan: (a) Sensor Cahaya, (b) Sensor Suara, (c) Sensor Kelembaban, (d) Sensor Api, (e) Sensor Asap | 35 |
| Gambar 2.28 <i>Optical Biosensors</i> : (a) <i>Electrocardioram (ECG) Heart-Monitor ing Sensor</i> , (b) <i>Finger-Clip Heart Rate Sensor</i> | 35 |
| Gambar 2.29 <i>Location-Tracking Sensors</i> : (a) <i>GPS (Global Positioning System)</i> , (b) <i>6 (axis) Accelerometer and Compass</i> , (c) <i>Digital Compass</i> | 36 |
| Gambar 3.1 Metode <i>Motion Capture</i> Kegiatan <i>Fitter</i> | 41 |
| Gambar 3.2 Diagram Sistem Aplikasi | 42 |
| Gambar 3.3 Transformasi Data Menjadi Informasi | 42 |
| Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir | 45 |
| Gambar 3.5 Diagram Penentuan Lokasi Peletakan Sensor | 46 |
| Gambar 3.6 Perancangan Alat yang Digunakan | 47 |
| Gambar 3.7 Komponen-Komponen Alat: (a) <i>Arduino Uno R3 (ATMEGA328-Assembled)</i> , (b) <i>Sensor Accelerometer dan Gyroscope</i> , (c) <i>Kabel Jumper Male to Female Dupont for Arduino</i> , (d) <i>USB 2.0 Cable Type A/B</i> | 48 |
| Gambar 3.8 <i>WiFi Shield ESP 8266</i> | 48 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Pengambilan Data | 50 |
| Gambar 4.1 Pandangan/Penampang <i>Marking</i> | 54 |
| Gambar 4.2 Cara-cara <i>Marking</i> | 55 |
| Gambar 4.3 Simbol <i>Marking</i> | 55 |
| Gambar 4.4 Alat <i>Marking</i> Lurus | 56 |
| Gambar 4.5 Alat Bantu <i>Marking</i> Lurus | 57 |
| Gambar 4.6 Proses <i>Marking</i> Lurus Posisi Berjongkok | 57 |
| Gambar 4.7 Proses <i>Marking</i> Lurus Posisi Membungkuk | 58 |
| Gambar 4.8 Alat Bantu <i>Marking</i> Belok | 58 |
| Gambar 4.9 Proses <i>Marking</i> Belok Posisi Berjongkok | 59 |
| Gambar 4.10 Mesin Potong Skator | 60 |
| Gambar 4.11 Bagian-bagian Mesin Potong Skator | 61 |
| Gambar 4.12 Proses <i>Cutting</i> Lurus dengan Skator Tanpa Rell Posisi Berjongkok | 61 |
| Gambar 4.13 Proses <i>Cutting</i> Lurus dengan Skator Rell Posisi Berjongkok | 62 |
| Gambar 4.14 Proses <i>Cutting</i> Belok dengan Skator Posisi Berjongkok | 62 |
| Gambar 4.15 Mesin Potong <i>Handy Auto</i> | 63 |
| Gambar 4.16 Bagian-bagian Mesin Potong <i>Handy Auto</i> | 64 |
| Gambar 4.17 Mesin Potong Blander | 65 |
| Gambar 4.18 Bagian-bagian Mesin Blander Potong | 66 |
| Gambar 4.19 Proses <i>Cutting</i> dengan Mesin Blander Posisi Berjongkok | 66 |
| Gambar 4.20 Proses <i>Cutting</i> dengan Mesin Blander Posisi Membungkuk | 67 |
| Gambar 4.21 Mesin Potong CNC | 67 |
| Gambar 4.22 Bagian-bagian Mesin Potong CNC | 68 |
| Gambar 4.23 Proses <i>Cutting</i> dengan Mesin CNC | 69 |
| Gambar 4.24 Pemotongan Betul | 70 |
| Gambar 4.25 Kecepatan Potong Terlalu Rendah | 71 |
| Gambar 4.26 Kecepatan Potong Terlalu Tinggi | 71 |
| Gambar 4.27 Jarak <i>Nozel</i> Terlalu Tinggi | 71 |
| Gambar 4.28 Tekanan Oksigen Terlalu Tinggi | 72 |
| Gambar 4.29 Nyala Panas Mula Terlalu Besar | 72 |
| Gambar 4.30 <i>Assembly Piece Part to Piece Part</i> | 73 |
| Gambar 4.31 <i>Assembly Panel to Panel</i> | 74 |
| Gambar 4.32 <i>Assembly Block to Block</i> | 75 |
| Gambar 4.33 Proses <i>Tag Weld</i> (Pengelasan Titik) Posisi Berdiri | 78 |
| Gambar 4.34 Proses <i>Tag Weld</i> (Pengelasan Titik) Posisi Berjongkok | 78 |
| Gambar 4.35 <i>Fit-Up</i> (Penyetelan) <i>Piece Part to Piece Part</i> | 79 |
| Gambar 4.36 <i>Fit-Up Panel to Panel</i> (Penyetelan) | 79 |
| Gambar 4.37 <i>Power Supply Board Arduino Uno</i> | 83 |
| Gambar 4.38 Pin <i>Input/Output Board Arduino Uno</i> | 84 |
| Gambar 4.39 Pin RX dan TX pada <i>Board Arduino Uno</i> | 84 |
| Gambar 4.40 Modul Sensor MPU-6050 | 86 |
| Gambar 4.41 Pin Konfigurasi Modul MPU 6050 | 87 |
| Gambar 4.42 <i>Interface Multiple MPU 6050 dengan Arduino Uno</i> | 88 |
| Gambar 4.43 Modul WiFi ESP 8266 | 89 |
| Gambar 4.44 Pin pada Modul WiFi ESP 8266 | 90 |
| Gambar 4.45 <i>Interface Modul WiFi ESP 8266 dengan Arduino Uno</i> | 91 |
| Gambar 4.46 Skema atau Alur Penentuan Lokasi Peletakan Sensor | 92 |
| Gambar 4.47 <i>Marking</i> (penandaan) manual belok dengan alat bantu mall bambu | 93 |
| Gambar 4.48 <i>Marking</i> (penandaan) Lurus Metode Sipatan Benang | 95 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 4.49 <i>Cutting</i> (pemotongan) Manual Lurus dengan Alat Potong Skator | 97 |
| Gambar 4.50 <i>Cutting</i> (pemotongan) Lurus dengan Menggunakan Mesin Blander Potong | 99 |
| Gambar 4.51 <i>Cutting</i> (pemotongan) dengan Menggunakan Mesin CNC Plasma..... | 101 |
| Gambar 4.52 <i>Assembly Piece Part to Piece Part (sub assembly)</i> | 103 |
| Gambar 4.53 <i>Assembly Panel to Panel</i> | 105 |
| Gambar 4.54 <i>Assembly Block to Block</i> | 107 |
| Gambar 4.55 <i>Tag Weld</i> (pengelasan titik) pada Proses <i>Assembly</i> | 109 |
| Gambar 4.56 <i>Fit-Up</i> Proses <i>Assembly Piece Part to Piece Part</i> | 111 |
| Gambar 4.57 <i>Fit-Up</i> Proses <i>Assembly Panel to Panel</i> | 112 |
| Gambar 4.58 <i>Fit-Up</i> Proses <i>Assembly Block to Block</i> | 112 |
| Gambar 4.59 Pemilihan Perangkat pada <i>iPi Recorder</i> | 118 |
| Gambar 4.60 Hasil <i>Evaluate</i> Latar Belakang Adegan..... | 119 |
| Gambar 4.61 Proses <i>Recording</i> Simulasi Kegiatan..... | 119 |
| Gambar 4.62 Perubahan Gerakan yang dilakukan pada saat melakukan kegiatan pemotongan lurus dengan menggunakan skator: (a) gerakan pertama, (b) gerakan kedua, (c) gerakan ketiga..... | 121 |
| Gambar 4.63 Hasil Simulasi <i>iPi Recorder</i> Perubahan Gerakan pada Kegiatan Pemotongan Lurus dengan Menggunakan Skator: (a) gerakan pertama, (b) gerakan kedua, (c) gerakan ketiga..... | 124 |
| Gambar 4.64 Informasi yang didapatkan dari <i>iPi Mocap Studio</i> | 125 |
| Gambar 4.65 Lokasi Peletakan: (a) Sensor <i>Gyroscope</i> , (b) Sensor <i>Accelerometer</i> , (c) <i>Arduino Uno</i> | 126 |
| Gambar 4.66 Alur Pelaksanaan Pekerjaan | 129 |
| Gambar 4.67 Skema hubungan kerja unsur-unsur proyek | 131 |
| Gambar 4.68 Contoh Surat Keterangan Kualifikasi Pekerja..... | 132 |
| Gambar 4.69 Contoh Sertifikat Pekerja..... | 133 |
| Gambar 4.70 Contoh Surat Penempatan Tenaga Kerja | 133 |
| Gambar 4.71 Contoh Daftar Tenaga Kerja yang Ditempatkan | 134 |
| Gambar 4.72 Contoh Form Pengawasan | 134 |
| Gambar 4.73 <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> | 135 |
| Gambar 4.74 <i>Record</i> Jurnal Pekerjaan | 136 |
| Gambar 4.75 Contoh Laporan Pengawasan <i>Summary Progress</i> | 137 |
| Gambar 4.76 Contoh Laporan Pengawasan <i>Approval Drawing</i> | 137 |
| Gambar 4.77 Contoh Laporan Pengawasan <i>Work Preparation</i> | 138 |
| Gambar 4.78 Contoh Form Pengawasan dengan Prosentase | 139 |
| Gambar 4.79 Diagram Alir Proses Penyampaian Laporan Pengawasan | 139 |
| Gambar 5.1 Proses Awal Instalasi <i>Arduino IDE</i> | 142 |
| Gambar 5.2 Proses Instalasi Berlangsung | 142 |
| Gambar 5.3 Menu <i>Install Driver USB Arduino</i> | 142 |
| Gambar 5.4 Tampilan <i>Sketch Arduino 1.6.9</i> | 143 |
| Gambar 5.5 Pengaturan <i>Board</i> pada <i>Arduino IDE</i> | 144 |
| Gambar 5.6 Pengaturan <i>Port</i> pada <i>Arduino IDE</i> | 145 |
| Gambar 5.7 <i>Sketch</i> (Program) <i>Arduino IDE</i> | 145 |
| Gambar 5.8 <i>Upload Sketch</i> (program) yang telah dibuat | 146 |
| Gambar 5.9 <i>Sketch</i> Berhasil di <i>Upload</i> | 147 |
| Gambar 5.10 <i>Sketch</i> (program) <i>ESP 8266 WiFi Shield</i> | 147 |
| Gambar 5.11 Hasil <i>Serial Monitor Sketch</i> (program) <i>WiFi Shield ESP 8266</i> | 148 |
| Gambar 5.12 <i>IP Connection</i> Hasil <i>Serial Monitor Sketch</i> (program) <i>WiFi Shield ESP 8266</i> | 149 |
| Gambar 5.13 Pengambilan Data pada <i>Arduino</i> | 150 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 5.14 Hasil Pengujian Alat | 150 |
| Gambar 5.15 Kerangka Dasar Aplikasi | 151 |
| Gambar 5.16 <i>Data Flow Diagram</i> (DFD) | 154 |
| Gambar 5.17 <i>System Interface Diagram</i> (SID) | 155 |
| Gambar 5.18 Alur Data Perancangan Sistem | 156 |
| Gambar 5.19 <i>Database Server</i> | 157 |
| Gambar 5.20 Halaman <i>Log-in</i> Sistem yang Dirancang | 158 |
| Gambar 5.21 <i>Register Page</i> (Halaman Pendaftaran)..... | 158 |
| Gambar 5.22 Tampilan <i>Home Page</i> (Halaman Utama) | 159 |
| Gambar 5.23 Contoh Tampilan Halaman <i>Accelerometer</i> | 160 |
| Gambar 5.24 Contoh Tampilan Halaman <i>Gyroscope</i> | 161 |
| Gambar 5.25 Contoh Tampilan Halaman <i>Export Excel</i> | 162 |
| Gambar 5.26 Contoh Tampilan Tab Menu <i>Category</i> pada Halaman <i>Export Excel</i> | 162 |
| Gambar 5.27 Contoh Tampilan Tab Menu <i>Date</i> pada Halaman <i>Export Excel</i> | 163 |
| Gambar 5.28 Tombol <i>Export Data</i> | 163 |
| Gambar 5.29 Menu <i>Pop Up</i> untuk Unduh Data | 163 |
| Gambar 5.30 File Hasil Unduh dari Sistem Aplikasi | 164 |
| Gambar 6.1 Grafik Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Accelerometer</i> Kegiatan Kerja <i>Marking</i> Belok dengan Posisi Berjongkok | 166 |
| Gambar 6.2 Hasil <i>Output</i> Data Modul Sensor <i>Accelerometer</i> pada Kegiatan <i>Marking</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z | 167 |
| Gambar 6.3 Grafik Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Gyroscope</i> Kegiatan Kerja <i>Marking</i> Belok dengan Posisi Berjongkok | 168 |
| Gambar 6.4 Hasil <i>Output</i> Data Sensor <i>Gyroscope</i> pada Kegiatan <i>Marking</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z..... | 169 |
| Gambar 6.5 Perubahan Gerakan pada Gerakan 1 Kegiatan <i>Marking</i> (Penandaan)..... | 172 |
| Gambar 6.6 Grafik Data Gerakan 1 Modul Sensor <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i> Kegiatan <i>Marking</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z..... | 173 |
| Gambar 6.7 Perubahan Gerakan pada Gerakan 2 Kegiatan <i>Marking</i> (Penandaan)..... | 174 |
| Gambar 6.8 Grafik Data Gerakan 2 Modul Sensor <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z..... | 175 |
| Gambar 6.9 Grafik Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Accelerometer</i> Kegiatan Kerja <i>Cutting</i> Lurus Menggunakan Skator Posisi Berjongkok | 177 |
| Gambar 6.10 Hasil <i>Output</i> Data Modul Sensor <i>Accelerometer</i> pada Kegiatan <i>Cutting</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z | 178 |
| Gambar 6.11 Grafik Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Gyroscope</i> Kegiatan Kerja <i>Cutting</i> Lurus Menggunakan Skator Posisi Berjongkok | 179 |
| Gambar 6.12 Hasil <i>Output</i> Data Sensor <i>Gyroscope</i> pada Kegiatan <i>Cutting</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z..... | 180 |
| Gambar 6.13 Perubahan Gerakan pada Gerakan 1 Kegiatan <i>Cutting</i> (Pemotongan)..... | 183 |
| Gambar 6.14 Grafik Data Gerakan 1 Modul Sensor <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i> Kegiatan <i>Cutting</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z | 184 |
| Gambar 6.15 Perubahan Gerakan pada Gerakan 2 Kegiatan <i>Cutting</i> (Pemotongan)..... | 185 |
| Gambar 6.16 Grafik Data Gerakan 2 Modul Sensor <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i> Kegiatan <i>Cutting</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z | 186 |
| Gambar 6.17 Grafik Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Accelerometer</i> Kegiatan Kerja <i>Tag Weld</i> (Pengelasan Titik) Posisi Berdiri..... | 188 |
| Gambar 6.18 Hasil <i>Output</i> Data Modul Sensor <i>Accelerometer</i> pada Kegiatan <i>Cutting</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z | 189 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 6.19 Grafik Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Gyroscope</i> Kegiatan Kerja <i>Tag Weld</i> (Pengelasan Titik) Posisi Berdiri..... | 190 |
| Gambar 6.20 Hasil <i>Output</i> Data Sensor <i>Gyroscope</i> pada Kegiatan <i>Tag Weld</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z..... | 191 |
| Gambar 6.21 Perubahan Gerakan pada Gerakan 1 Kegiatan <i>Tag Weld</i> (Pengelasan Titik) .. | 194 |
| Gambar 6.22 Grafik Data Gerakan 1 Modul Sensor <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i> Kegiatan <i>Tag Weld</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z | 195 |
| Gambar 6.23 Perubahan Gerakan pada Gerakan 2 Kegiatan <i>Tag Weld</i> (Pengelasan Titik) .. | 196 |
| Gambar 6.24 Grafik Data Gerakan 2 Modul Sensor <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i> Kegiatan <i>Tag Weld</i> : (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z | 197 |
| Gambar 6.25 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Sumulasi Salah Kegiatan <i>Cutting</i> pada Modul Sensor <i>Accelerrometer</i> | 200 |
| Gambar 6.26 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Sumulasi Salah Kegiatan <i>Cutting</i> pada Modul Sensor <i>Gyroscope</i> | 201 |
| Gambar 6.27 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Sumulasi Salah Kegiatan <i>Tag Weld</i> pada Modul Sensor <i>Accelerrometer</i> | 204 |
| Gambar 6.28 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Sumulasi Salah Kegiatan <i>Tag Weld</i> pada Modul Sensor <i>Gyroscope</i> | 205 |
| Gambar 6.29 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Sumulasi Salah Kegiatan <i>Marking</i> pada Modul Sensor <i>Accelerrometer</i> | 207 |
| Gambar 6.30 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Sumulasi Salah Kegiatan <i>Marking</i> pada Modul Sensor <i>Gyroscope</i> | 208 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-----|
| Tabel 2.1 Klasifikasi Perangkat Teknologi (<i>Wearable Device</i>) | 30 |
| Tabel 4.1 <i>Index Board Arduino Uno</i> | 82 |
| Tabel 4.2 Karakteristik Modul Sensor MPU 6050 | 85 |
| Tabel 4.3 Karakteristik Modul WiFi ESP 8266 | 89 |
| Tabel 4.4 Uraian Gerakan Bagian Tubuh <i>Fitter</i> Saat Melakukan <i>Marking</i> Belok..... | 94 |
| Tabel 4.5 Uraian Gerakan Bagian Tubuh <i>Fitter</i> Saat Melakukan <i>Marking</i> Lurus..... | 96 |
| Tabel 4.6 Uraian Gerakan Bagian Tubuh <i>Fitter</i> Saat Melakukan <i>Cutting</i> dengan Mesin Skator | 98 |
| Tabel 4.7 Uraian Gerakan Bagian Tubuh <i>Fitter</i> Saat Melakukan <i>Cutting</i> dengan Mesin Blander | 100 |
| Tabel 4.8 Uraian Gerakan Bagian Tubuh <i>Fitter</i> Saat Melakukan <i>Cutting</i> dengan Mesin CNC | 102 |
| Tabel 4.9 Uraian Gerakan Bagian Tubuh <i>Fitter</i> pada Saat Melakukan Kegiatan <i>Assembly Piece Part to Piece Part</i> | 104 |
| Tabel 4.10 Uraian Gerakan Bagian Tubuh <i>Fitter</i> pada Saat Melakukan Kegiatan <i>Assembly Panel to Panel</i> | 106 |
| Tabel 4.11 Uraian Gerakan Bagian Tubuh <i>Fitter</i> pada Saat Melakukan Kegiatan <i>Assembly Block to Block</i> | 108 |
| Tabel 4.12 Uraian Gerakan Bagian Tubuh <i>Fitter</i> pada Saat Melakukan Kegiatan <i>Tag Weld</i> (pengelasan titik) pada Proses <i>Assembly</i> | 110 |
| Tabel 4.13 Uraian Gerakan Bagian Tubuh <i>Fitter</i> pada Saat Melakukan Kegiatan <i>Fit-Up</i> pada Proses <i>Assembly</i> | 113 |
| Tabel 4.14 Rincian Data Kegiatan Kerja <i>Fitter</i> | 115 |
| Tabel 6.1 Data <i>Sample</i> Pekerja..... | 165 |
| Tabel 6.2 Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i> Kegiatan <i>Marking</i> | 170 |
| Tabel 6.3 Rekapitulasi Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Gyroscope</i> Kegiatan <i>Marking</i> | 171 |
| Tabel 6.4 Rekapitulasi Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Accelerometer</i> Kegiatan <i>Marking</i> | 171 |
| Tabel 6.5 Karakteristik Data <i>Marking</i> (Penandaan) Belok Posisi Berjongkok | 176 |
| Tabel 6.6 Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i> Kegiatan <i>Cutting</i> | 181 |
| Tabel 6.7 Rekapitulasi Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Gyroscope</i> Kegiatan <i>Cutting</i> | 182 |
| Tabel 6.8 Rekapitulasi Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Accelerometer</i> Kegiatan <i>Cutting</i> | 182 |
| Tabel 6.9 Karakteristik Data <i>Cutting</i> (Pemotongan) Lurus Posisi Berjongkok | 187 |
| Tabel 6.10 Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i> Kegiatan <i>Tag Weld</i> | 192 |
| Tabel 6.11 Rekapitulasi Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Gyroscope</i> Kegiatan <i>Tag Weld</i> | 193 |
| Tabel 6.12 Rekapitulasi Hasil <i>Output</i> Modul Sensor <i>Accelerometer</i> Kegiatan <i>Tag Weld</i> | 193 |
| Tabel 6.13 Karakteristik Data <i>Tag Weld</i> (Pengelasan Titik) Posisi Berdiri..... | 198 |
| Tabel 6.14 Karakteristik Data Pada Setiap Kegiatan Hasil Percobaan | 199 |
| Tabel 6.15 Perbandingan Nilai MSE (<i>Mean Squared Error</i>) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah <i>Cutting</i> (Pemotongan) Sensor <i>Accelerometer</i> | 202 |
| Tabel 6.16 Perbandingan Nilai MSE (<i>Mean Squared Error</i>) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah <i>Cutting</i> (Pemotongan) Sensor <i>Gyroscope</i> | 202 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 6.17 Perbandingan Nilai MSE (<i>Mean Squared Error</i>) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah Kegiatan <i>Tag Weld</i> (Pengelasan Titik) Sensor <i>Accelerometer</i> | 205 |
| Tabel 6.18 Perbandingan Nilai MSE (<i>Mean Squared Error</i>) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah Kegiatan <i>Tag Weld</i> (Pengelasan Titik) Sensor <i>Gyroscope</i> | 205 |
| Tabel 6.19 Perbandingan Nilai MSE (<i>Mean Squared Error</i>) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah Kegiatan <i>Marking</i> (Penandaan) Sensor <i>Accelerometer</i> | 209 |
| Tabel 6.20 Perbandingan Nilai MSE (<i>Mean Squared Error</i>) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah Kegiatan <i>Marking</i> (Penandaan) Sensor <i>Gyroscope</i> | 209 |
| Tabel 6.21 Rekapitulasi Perhitungan MSE..... | 210 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi saat ini semakin maju dengan pesat. Hal ini disebabkan oleh pemikiran manusia yang menginginkan kesempurnaan dan kepraktisan. Banyak kemudahan dan inovasi-inovasi yang terjadi pada setiap perangkat yang digunakan saat ini. Salah satunya ialah perangkat *wearable device*. Perangkat ini merupakan peralatan yang dipasang pada tubuh pengguna (seperti jam tangan, gelang, kalung, dan lainnya) yang memiliki sistem operasi di dalamnya yang dapat terhubung dengan internet dan perangkat elektronik lain seperti telepon genggam dan tablet untuk memperoleh informasi pada perangkat tersebut.

Wearable device juga mengalami perkembangan yang pesat saat ini. Banyak *wearable device* yang saat ini sudah dibekali fitur-fitur canggih, diantaranya adalah fitur penelusur aktivitas. Pada fitur ini, dapat digunakan untuk menelusuri aktivitas-aktivitas yang dilakukan selama memakai jam tangan tersebut. Hal ini dikarenakan *wearable device* dibekali sensor-sensor yang mampu memonitor pergerakan-pergerakan si pengguna *wearable device*.

Pada proses produksi kapal di Indonesia, banyak permasalahan yang menyebabkan keterlambatan penyelesaian pekerjaan kapal. Salah satu faktornya ialah keterlambatan dalam melakukan evaluasi terhadap kinerja yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena proses pengawasan yang masih dilakukan secara manual. Pengawasan tidak dilakukan dalam waktu yang sebenarnya sehingga membuat evaluasi terhadap kinerja tidak dilakukan secara langsung atau *real time*. Terjadi waktu penundaan (*delay time*) antara permasalahan yang mungkin terjadi dengan tindakan yang seharusnya dilakukan. Sistem pengawasan inilah yang membuat proses evaluasi menjadi terlambat.

Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini, penulis akan merancang aplikasi dengan memanfaatkan teknologi *wearable device*. Teknologi ini dapat digunakan untuk melakukan monitor kinerja seorang *fitter* dalam waktu yang sebenarnya (*real time monitoring system*). Selain itu, teknologi ini dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja seorang *fitter* dan dapat memudahkan dalam mengambil tindakan untuk memperbaiki kinerja tersebut. Dengan demikian, evaluasi terhadap kinerja dapat dilakukan secara cepat karena pengawasan dilakukan secara *real time* sehingga keterlambatan pembangunan dapat dihindari.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka pengerjaan tugas akhir ini menitik beratkan pada pembahasan sebagai berikut.

1. Bagaimana sistem *monitoring* terhadap kinerja *fitter* saat ini?
2. Bagaimana cara untuk membuat sistem aplikasi yang mudah dipahami dan dapat membantu dalam melakukan *monitoring* terhadap kinerja *fitter*?
3. Apakah sistem *monitoring* kinerja terhadap *fitter* yang dirancang dapat diimplementasikan secara langsung pada industri perkapalan?
4. Apakah faktor yang dapat mempengaruhi keakuratan sistem aplikasi untuk *monitoring* terhadap kinerja *fitter* saat diimplementasikan langsung pada industri perkapalan?

1.3 Tujuan

Tujuan yang diharapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan observasi sistem *monitoring* terhadap kinerja *fitter* yang digunakan saat ini.
2. Merancang sebuah sistem aplikasi untuk *monitoring* terhadap kinerja *fitter* yang mudah dipahami dan dapat membantu dalam melakukan pengawasan kerja.
3. Melakukan uji validitas sistem aplikasi untuk *monitoring* terhadap kinerja *fitter* untuk dapat diterapkan secara langsung pada industri perkapalan.
4. Melakukan analisa data dan grafik yang dihasilkan pada sistem aplikasi untuk *monitoring* terhadap kinerja *fitter* saat diimplementasikan langsung pada industri perkapalan.

1.4 Batasan Masalah

Dalam menghindari meluasnya pembahasan tugas akhir ini, maka penulis perlu melakukan pembatasan masalah. Adapun batasan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut.

1. Pekerja yang diteliti adalah *fitter*.
2. Penulis melakukan observasi pada pekerja *fitter* yang sedang melakukan pekerjaan pada pembangunan kapal baru.
3. Penulis melakukan sampling pekerja *fitter* pada satu galangan yang sedang melakukan pembangunan kapal baru.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Praktisi, sistem aplikasi dapat digunakan untuk membantu pekerjaan *monitoring* terhadap kinerja *fitter*. Selain itu, menggunakan hasil data yang dihasilkan sistem aplikasi ini evaluasi kinerja *fitter* menjadi lebih efektif dan praktis
2. Bagi Akademisi, penelitian tugas akhir ini sebagai salah satu media untuk mengimplementasikan ilmu teknik perkapalan ke dalam bidang teknologi informasi yang saat ini berkembang.

1.6 Hipotesis

Perancangan sistem aplikasi dengan menggunakan perangkat teknologi yang dapat dikenakan (*wearable device*) mampu memberikan data *monitoring* kinerja *fitter* secara lengkap dan pada pengawas proyek sehingga dapat bekerja secara efektif. Dengan demikian, proses pengawasan kinerja *fitter* dapat dilakukan secara *real time*. Selain itu, teknologi ini dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja seorang *fitter* dan dapat memudahkan dalam mengambil tindakan untuk memperbaiki kinerja tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1 Perancangan

Perancangan adalah tahap setelah analisis dari siklus pengembangan sistem yang dapat berupa penggambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi, termasuk menyangkut konfigurasi dari komponen-komponen perangkat lunak dan perangkat keras dari suatu sistem (Jogiyanto, 2005). Definisi perancangan adalah satu kegiatan yang memiliki tujuan untuk mendesain sistem baru yang dapat menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi perusahaan yang diperoleh dari pemilihan alternatif sistem yang terbaik (Ladjamudin, 2005).

Berdasarkan definisi tersebut, penulis menyimpulkan bahwa perancangan merupakan suatu solusi untuk menyelesaikan permasalahan yang selanjutnya dikembangkan dengan suatu sistem.

2.2 Aplikasi Berbasis Android

Aplikasi adalah suatu program yang siap untuk digunakan untuk melaksanakan suatu fungsi bagi pengguna jasa aplikasi serta bagi pengguna aplikasi lain yang dapat digunakan oleh suatu sasaran yang akan dituju. Definisi lain aplikasi adalah program siap pakai, program yang direka untuk melaksanakan suatu fungsi bagi pengguna atau aplikasi yang lain (Jack, 2007). Aplikasi merupakan program-program yang dibuat oleh suatu perusahaan komputer untuk para pemakai yang beroperasi dalam bidang umum seperti, pertokoan, komunikasi, penerbangan, perdagangan, dan sebagainya (Sutarman, 2009). Program yang akan dibuat sebagaimana mestinya untuk memudahkan pekerjaan. Aplikasi ini dibangun untuk memudahkan pengguna dalam melakukan suatu aktivitas yang telah ditentukan sebelumnya. Program didesain dengan menggunakan beberapa perhitungan yang akan dijalankan oleh aplikasi tersebut.

Berdasarkan pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa pengertian aplikasi adalah program siap pakai yang dibuat oleh seorang programmer atau pembuat aplikasi untuk para pemakai aplikasi yang telah dirancang untuk membuat pengguna aplikasi melakukan suatu pekerjaan yang telah dikehendaki sebelumnya.

Android merupakan sistem operasi berbasis *Linux* yang bersifat terbuka (*open source*) dan dirancang untuk perangkat seluler layar sentuh seperti *smartphone* atau komputer tablet. Aplikasi android dikembangkan dalam bahasa pemrograman *Java* dengan menggunakan kit pengembangan perangkat lunak Android (SDK) (Salbino, 2013). SDK ini terdiri dari seperangkat perkakas pengembangan, termasuk *debugger*, perpustakaan perangkat lunak, *emulator handset* yang berbasis *QEMU*, dokumentasi, kode sampel, dan tutorial. Didukung secara resmi oleh lingkungan pengembangan terpadu (IDE) *Eclipse*, yang menggunakan *plugin Android Development Tools* (ADT).

Berdasarkan penjelasan tersebut, penulis menyimpulkan bahwa aplikasi berbasis android adalah suatu sistem atau program aplikasi berbasis *Linux* dan bersifat terbuka (*open source*) yang siap untuk digunakan yang dibuat untuk melaksanakan suatu fungsi bagi pengguna jasa aplikasi serta bagi pengguna aplikasi lain yang dapat digunakan oleh suatu sasaran yang akan dituju.

2.3 Monitoring Kinerja

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 39 Tahun 2006 Tentang Cara Pengendalian dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan, *monitoring* merupakan suatu kegiatan mengamati secara seksama suatu keadaan atau kondisi, termasuk juga perilaku atau kegiatan tertentu, dengan tujuan agar semua data masukan atau informasi yang diperoleh dari hasil pengamatan yang menjadi landasan dalam mengambil keputusan tindakan yang diperlukan. Tindakan tersebut diperlukan seandainya hasil pengamatan menunjukkan adanya hal atau kondisi yang tidak sesuai dengan yang direncanakan semula. *Monitoring* dilaksanakan dengan maksud agar proyek dapat mencapai tujuan secara efektif dan efisien dengan menyediakan umpan balik bagi pengelola proyek pada setiap tingkatan. Umpan balik ini memungkinkan pemimpin proyek menyempurnakan rencana operasional proyek dan mengambil tindak korektif tepat pada waktunya. *Monitoring* mempunyai beberapa tujuan, sebagai berikut (Dunn, 2003).

1. *Compliance* (kesesuaian/kepatuhan)

Menentukan apakah implementasi kebijakan tersebut sesuai dengan standar dan prosedur yang telah ditentukan. Penentuan tersebut dilakukan dengan melaksanakan *monitoring*.

2. *Auditing* (pemeriksaan)

Menentukan apakah sumber-sumber/pelayanan kepada kelompok sasaran (*target groups*) memang benar-benar sampai kepada mereka.

3. *Explanation* (penjelasan)

Menjelaskan mengenai hasil-hasil kebijakan publik berbeda dengan tujuan kebijakan publik.

2.4 *Fitter* (Tukang Pas/Pengepas)

Fitter adalah orang yang bekerja dan mempunyai keahlian dibidang fabrikasi dan installasi alat-alat produksi dan konstruksi serta di bidang perbaikan dan perawatan mesin-mesin industri. Dalam dunia proyek secara umum dikenal adanya: *fitter* fabrikasi, *fitter* pipa (*pipe fitter*), serta *fitter* mekanik (*mechanical fitter*) (Nursyahid, 2015).

2.4.1 *Fitter* Fabrikasi (*Fabrication Fitter*)

Pada tahap fabrikasi ini proses-proses yang dilakukan yaitu proses *marking*, *cutting*, *bending*, *fitting*, dan *shop primer*. Proses pekerjaan pada tahap fabrikasi ini dilakukan di bengkel fabrikasi, dalam bengkel ini material masih dalam keadaan berbentuk pelat, profil dan pipa serta masih belum dilakukan proses pengelasan menjadi sub blok dan blok. *Fitter* fabrikasi adalah orang yang mempunyai keahlian melakukan proses fabrikasi bahan dari logam dan baja mulai dari teknik gambar, *marking*, penyetelan/*setting* maupun *erection* atau *fit up*. Langkah-langkah pekerjaan *fitter* fabrikasi meliputi beberapa tahap yaitu sebagai berikut (Nursyahid, 2015).

1. Mempelajari *drawing*

Melihat dengan detail mengenai bentuk, ukuran, maupun jenis material yang ditentukan. *Shop drawing* atau gambar fabrikasi adalah gambar dari suatu bentuk barang atau alat-alat produksi maupun konstruksi yang akan dibuat oleh seorang *fitter*. Oleh karena itu seorang *fitter* dituntut untuk bisa membaca gambar atau paling tidak tahu teknik dasar membaca gambar fabrikasi, karena dari situ akan berkembang dan bisa membaca gambar selanjutnya yang lebih *complete*. Secara umum gambar fabrikasi atau *shop drawing* ada beberapa macam yaitu.

a. *General Drawing*

General drawing adalah gambar fabrikasi yang menunjukkan bentuk secara menyeluruh dari suatu produk yang akan dibuat. Istilah lain adalah gambar *arrangement*.

b. *Section Drawing*

Section drawing adalah gambar yang menunjukkan salah satu atau beberapa bagian dari item/produk yang akan dibuat berdasarkan *arrangement drawing*.

c. *Detail Drawing*

Detail drawing adalah gambar yang menunjukkan item tertentu dengan maksud untuk memperjelas ukuran, jarak lubang, tipe pengelasan, dan lain-lain. *Detail drawing* ditandai dengan lingkaran dan huruf A, B, C dan seterusnya.

d. *Cutting Plan*

Cutting plan adalah gambar yang menunjukkan bentuk potongan dari masing-masing item beserta jenis material, ukuran, maupun tebal plat.

2. Mempersiapkan peralatan kerja

Dalam proses fabrikasi seorang *fitter* (tukang pas) harus mengetahui betul alat-alat apa yang harus dipersiapkan dan digunakan untuk membuat suatu produk sesuai dengan apa yang diinginkan oleh *engineering* melalui *drawing* (gambar).

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| - Mesin las | - <i>Rollmeter</i> |
| - <i>Cutting Torch</i> (Blander) | - Mistar (penggaris) |
| - <i>Grinder</i> (gerinda) | - Meteran |
| - Gerinda <i>Rotary</i> | - <i>Square</i> (siku) |
| - Mesin potong plasma | - <i>Pencil Stone</i> (kapur) |
| - Mesin Bor | - Palu/ <i>hammer</i> |
| - Spidol untuk <i>marking</i> | - <i>Centerpen/drip</i> /penitik |

Alat-alat kerja tersebut merupakan peralatan utama yang wajib dipersiapkan seorang *fitter*.

- Paju/baji
- Cukit
- *Plate ' L ' /jack bolt*
- *Strongbadge/support plate*
- *Plate ' U '*

Di samping alat-alat yang ada di atas, karena suatu hal pada saat bekerja timbul inisiatif-inisiatif yang memungkinkan untuk membuat alat kerja bantu lain dengan tujuan untuk memudahkan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan. Jadi, bagaimanapun juga seorang *fitter* harus selalu punya ide dan inisiatif bagaimana caranya agar pekerjaan cepat selesai, juga dengan kualitas yang baik.

3. Mempersiapkan material

Mengambil dan menyusun material sesuai prioritas pekerjaan untuk proses *marking*.

4. *Marking*

Membuat sketsa bentuk maupun ukuran dari masing-masing item sesuai ketentuan yang ada pada gambar.

5. *Cutting*

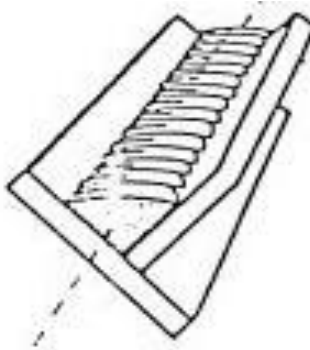
Melakukan pemotongan material sesuai bentuk dan ukuran yang sudah dibuat.

6. *Setting dan assembling*

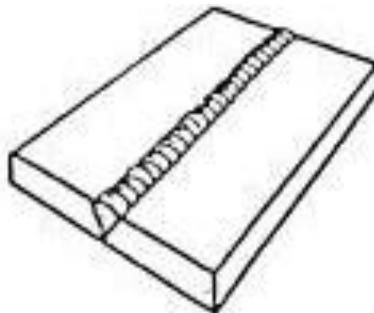
Penyetelan item menjadi beberapa *section* kemudian merangkai menjadi suatu bentuk yang sudah ditentukan pada gambar. Dalam melakukan *assembling* dilakukan dengan *tag weld* (pengelasan titik). Posisi dalam melakukan *tag weld* atau las titik dibedakan menjadi beberapa posisi yaitu sebagai berikut.

a. Posisi Pengelasan 1F dan 1G

Posisi pengelasan 1F adalah posisi pengelasan dimana benda kerja berada pada di bawah tangan (*hand down*). Pada benda kerja pada posisi diagonal dengan posisi elektroda 60° s/d 80° seperti pada Gambar 2.1. Sedangkan posisi pengelasan 1G adalah posisi pengelasan di bawah tangan (*hand down*) sama seperti 1F, akan tetapi dengan posisi benda kerja horizontal pada pengelasan ini posisi elektroda membentuk sudut 30° s/d 50° seperti pada Gambar 2.2.



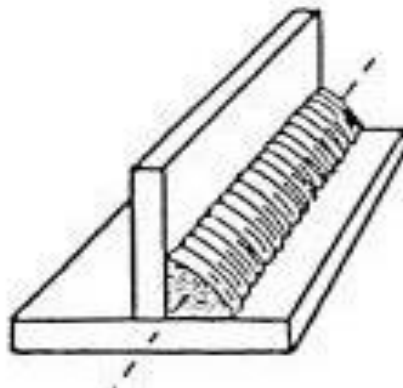
Gambar 2.1 Hasil Pengelasan Posisi 1F
(Sumber: Soeharto, 1996)



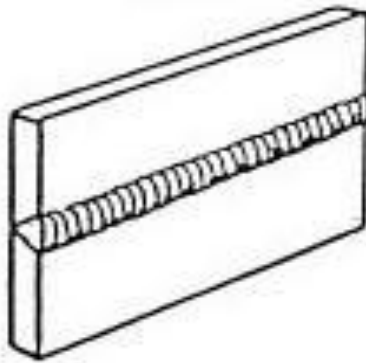
Gambar 2.2 Hasil Pengelasan Posisi 1G
(Sumber: Soeharto, 1996)

b. Posisi Pengelasan 2F dan 2G

Pengelasan posisi 2F adalah posisi horizontal sambungan sudut. Untuk pengelasan 2F, posisi benda kerja tegak lurus. Kemiringan elektroda 45° terhadap garis vertikal dan 10° sampai 20° terhadap garis vertikal ke arah jalan elektroda seperti pada Gambar 2.3. Sedangkan pengelasan posisi 2G kedudukan benda dibuat tegak dan arah pengelasan mengikuti garis horizontal. Posisi elektroda dimiringkan kira-kira 5° sampai 10° ke bawah, untuk menahan lelehan logam cair, dan 20° ke arah lintasan las (sudut jalan elektroda 70°) seperti pada Gambar 2.4.



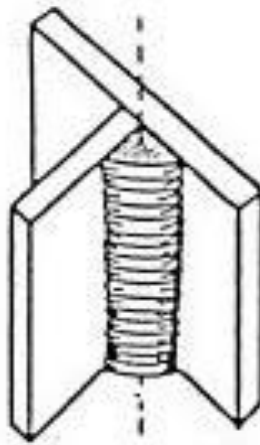
Gambar 2.3 Hasil Pengelasan Posisi 2F
(Sumber: Soeharto, 1996)



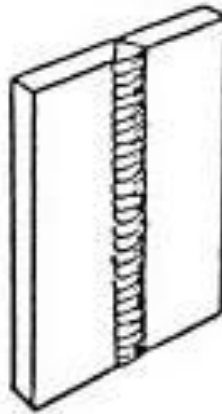
Gambar 2.4 Hasil Pengelasan Posisi 2G
(Sumber: Soeharto, 1996)

c. Posisi Pengelasan 3F dan 3G

Posisi pengelasan 3F pelat adalah posisi pengelasan sambungan sudut vertikal pada pelat, cairan logam cenderung mengalir ke bawah seperti pada Gambar 2.5. Sedangkan posisi pengelasan 3G pelat adalah posisi pengelasan sambungan tumpul vertikal pada pelat, cairan logam cenderung mengalir ke bawah seperti pada Gambar 2.6. Kecenderungan penetasan logam dapat ditangani dengan memiringkan elektroda 10° sampai 15° ke bawah.



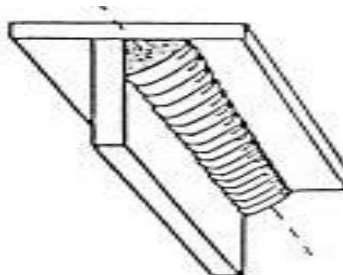
Gambar 2.5 Hasil Pengelasan Posisi 3F
(Sumber: Soeharto, 1996)



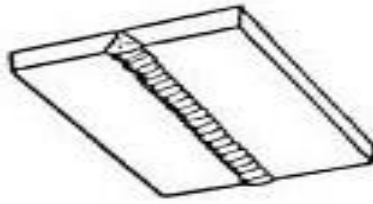
Gambar 2.6 Hasil Pengelasan Posisi 3G
(Sumber: Soeharto, 1996)

d. Posisi Pengelasan 4F dan 4G

Posisi 4F adalah pengelasan sambungan sudut/*fillet* posisi di atas kepala/*over head* pada pelat dengan menggunakan las busur manual *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) seperti pada Gambar 2.7. Posisi 4G adalah pengelasan sambungan tumpul/*butt groove* posisi di atas kepala/*over head* pada pelat dengan menggunakan las seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.7 Hasil Pengelasan Posisi 4F
(Sumber: Soeharto, 1996)



Gambar 2.8 Hasil Pengelasan Posisi 4G
(Sumber: Soeharto, 1996)

7. *Finishing*

Membersihkan semua bekas *tag weld* maupun *temporary support* setelah pengelasan selesai.

2.4.2 *Fitter Pipa (Pipe Fitter)*

Pipe fitter adalah orang yang mempunyai keahlian di bidang penyetelan/*setting*, penyambungan/*join* dan instalasi/*erection* pipa termasuk komponen yang berkaitan dengan perpipaan/*piping*, misalnya *flange*, *valve*, *stringer*, dan lain-lain. Langkah-langkah pekerjaan *pipe fitter* meliputi beberapa tahap yaitu (Nursyahid, 2015).

1. Mempelajari *drawing*

Mengamati dengan detail rancangan pemasangan pipa sesuai gambar *isometric* maupun gambar *keyplan* yang ada.

2. Mempersiapkan peralatan kerja

Mesin las, *cutting torch*, gerinda, meteran, *waterpas*, siku, *chainblock*, dan lain-lain.

3. Menyusun material

Loading pipa sesuai kebutuhan termasuk juga *accessoris* pendukung misalnya: *flange*, *reducer*, *tee*, dan lain-lain.

4. *Marking* dan *cutting*

Pengukuran dan penandaan terhadap pipa yang akan digunakan, selain itu juga melakukan pemotongan terhadap pipa yang telah dilakukan *marking*.

5. Penyambungan pipa

Penyetelan pipa sesuai prosedur yang ada di *isometric drawing*. Penyetelan ini dilakukan untuk menghindari *miss-alignment* setelah pemasangan.

6. *Finishing*

Menganalisa serta merapikan hasil pekerjaan yang berkaitan dengan kelurusan dan kesesuaian hasil penyambungan pipa.

2.4.3 Fitter Mekanik (*Mechanical Fitter*)

Mechanical Fitter adalah orang yang bekerja pada bidang perbaikan dan perawatan alat-alat dan mesin-mesin produksi serta industri. Rangkaian pekerjaan *mechanical fitter* meliputi (Nursyahid, 2015).

- a. *Fit up*/penyetelan
- b. Perbaikan dan perawatan mesin-mesin
- c. Serta modifikasi berdasarkan standar operasional

Perlu diketahui bahwa baik *fitter* fabrikasi, *pipe fitter*, dan *mechanical fitter* secara umum di area proyek sering disebut *fitter* saja. Jadi bisa disimpulkan bahwa *fitter* adalah orang yang bekerja dan mempunyai keahlian dibidang fabrikasi dan installasi alat-alat produksi dan konstruksi serta di bidang perbaikan dan perawatan mesin-mesin industri.

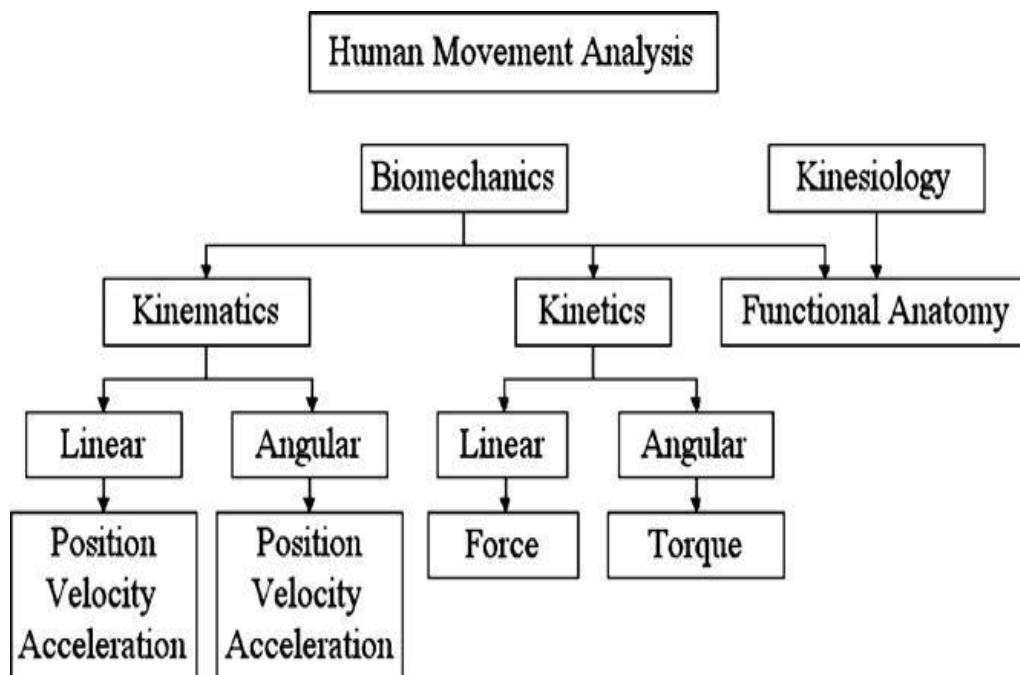
2.5 Motion Study (Pembelajaran Gerak)

Motion study merupakan pembelajaran mengenai gerak yang dilakukan oleh suatu objek. Analisa gerak manusia sudah dilakukan sejak abad kelima SM, ketika Aristoteles dan rekan-rekannya mengembangkan model sistem *muskuloskeletal* manusia yang melibatkan tuas, gaya, dan pusat gravitasi (Brooke & Whiting, 1993). Gerakan manusia atau gerakan melibatkan perubahan terhadap posisi atau postur yang relatif terhadap seseorang pada lingkungannya (Trew & Everett, 2001). Namun, definisi ini diperluas dengan mengatakan bahwa gerakan itu tidak seragam, itu sangat stratifikasi dan membutuhkan banyak analisa dan identifikasi dengan jelas (Spirduso, 1995). Hal tersebut juga menyatakan bahwa gerakan manusia, sebagai sebuah konsep, tidak dapat dibatasi sepenuhnya secara fisik dan bahwa konsep gerakan manusia membutuhkan 'konteks' total atau 'bentuk kehidupan' dari gerakan manusia yang menjadi bagiannya; sosiologis, lingkungan, psikologis, mekanik, fisiologis, dan anatomi semua faktor harus dibangun dalam konsep gerakan seseorang (Hamill & Knutzen, 2003). Dimensi fisik kehidupan itu termasuk kesehatan, fisik, energi, dan vitalitas yang berkontribusi untuk kualitas hidup. Ada beberapa metode yang digunakan untuk melakukan *motion study* diantaranya adalah sebagai berikut.

2.5.1 Komponen Fisik Gerak Manusia

Pada bagian ini akan menjelaskan tentang komponen utama atau kunci gerak fisik manusia. Ilmu tentang *biomekanika* dan *kinesiologi* diperlukan untuk melakukan observasi pada setiap gerak fisik manusia. Ilmu tersebut akan memberikan pemahaman fisiologis tentang gerak fisik pada manusia (Godfrey et al., 2008). Kinesiologi adalah ilmu-ilmu yang

terkait dengan anatomis, mekanis, dasar fisiologis (atau psikologis) dari setiap gerakan manusia, sedangkan istilah kedua dari *biomekanika* didefinisikan sebagai bidang studi tempat pengetahuan dan metode mekanika yang diterapkan pada struktur dan fungsi dari sistem kehidupan (Kreighbaum & Barthels, 1996). Hal tersebut menggambarkan isi dari gerakan manusia kemudian dievaluasi dengan memeriksa sumber dan karakteristik, seperti gerakan yang terjadi di masing-masing fase aktivitas dan mendefinisikan pendekatan kualitatif untuk gerakan manusia (Hamill & Knutzen, 2003). Komponen utama dari *biomekanika* dan *kinesiologi* analisa gerak dapat dilihat dari Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Tipe Analisa Gerak Manusia
(Sumber: Godfrey et al., 2008)

Biomekanika dibagi menjadi dua kategori yaitu statika, studi terkait dengan sistem yang tidak bergerak serta dinamika yaitu penelitian terkait dengan sistem yang bergerak. Dinamika kemudian dibagi lagi menjadi kinematika, studi waktu dan faktor spasial gerak yang bekerja pada suatu sistem, dan kinetika mempelajari kekuatan yang bekerja pada tubuh yang mempengaruhi gerakannya.

2.5.1.1 Gerak Kinematika dan Kinetika

Kinematika merupakan analisa yang berkaitan dengan karakteristik gerak subjek tanpa mengacu pada kekuatan yang menyebabkan gerak. Analisis jenis ini, menyajikan detail deskripsi gerakan untuk menentukan seberapa cepat suatu objek bergerak dan seberapa tinggi atau seberapa jauh perjalanannya. Akibatnya, posisi, kecepatan dan akselerasi adalah hasil

analisa dari kinematika. Data perpindahan ini dapat diambil dari posisi anatomis seperti pusat gravitasi tubuh segmen, pusat rotasi atau segmen ekstremitas. Sedangkan kinetika merupakan analisa kekuatan yang bekerja pada sistem yang menyebabkannya bergerak. Analisa kinetik bisa memberikan informasi tentang bagaimana gerakan itu diproduksi atau bagaimana suatu posisi dipertahankan. Analisa ini lebih sulit untuk mengevaluasi karena beberapa kekuatan tidak dapat dilihat hanya efeknya bisa untuk diamati, seperti kekuatan yang dihasilkan struktur otot internal.

2.5.1.2 Gerak Statik dan Dinamik

Statis adalah cabang mekanika yang melihat sistem itu adalah sesuatu yang bergerak dengan kecepatan konstan. Sistem-sistem ini dianggap memiliki makna ekuilibrium bahwa mereka dalam keadaan seimbang. Ini tidak menghasilkan akselerasi karena kekuatan yang menyebabkan seseorang mulai bergerak, mempercepat, atau memperlambat dinetaskan oleh kekuatan yang berlawanan, sehingga membatalkannya (Kreighbaum & Barthels, 1996). Sebagai hasil dari faktor-faktor ini, teknik kinetik digunakan untuk mengidentifikasi kekuatan yang terlibat untuk menjaga postur, posisi, atau kecepatan konstan. Sedangkan dinamika mengacu pada aksi gerakan tubuh mengalami akselerasi dan deselerasi. Dinamika memanfaatkan baik kinematika maupun kinetika untuk menganalisa pergerakan.

2.5.1.3 Gerak Linier dan Perubahan Sudut

Ada dua tipe utama gerakan yang ada pada gerakan manusia. Pertama ada gerakan linear yaitu gerakan sepanjang garis lurus atau jalur melengkung dimana semua titik pada tubuh memindahkan jarak yang sama pada waktu yang sama. Pusat massa tubuh dipantau dalam sistem analisa linier. Ini adalah titik dimana massa tubuh terkonsentrasi dan itu merupakan titik dimana efek total gravitasi bertindak pada tubuh (Kreighbaum & Barthels, 1996). Jenis gerak yang kedua adalah gerak sudut yang melibatkan gerakan di sekitar titik (sumbu rotasi) sehingga berbeda daerah dari tubuh yang sama tidak bergerak melalui tance dalam jumlah waktu tertentu. Perubahan orientasi dari tubuh yang berputar disebut perpindahan sudut, biasanya dilambangkan dengan huruf Yunani theta, θ .

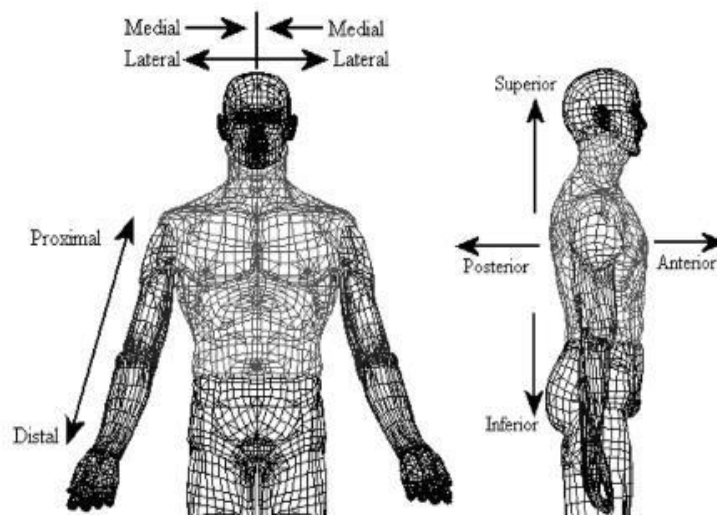
2.5.1.4 Gerak Kualitatif dan Kuantitatif

Dua pendekatan dapat digunakan ketika mempelajari berbagai hal aspek gerakan. Ini adalah pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kualitatif bisa digambarkan sebagai evaluasi gerakan non-numerik yang akan menghasilkan deskripsi

gerakan (Hamill & Knutzen, 2003). Evaluasi gerakan kualitatif harus didasarkan pada analisa kemampuan untuk mengenali aspek penting dari gerakan. Kesimpulan subjektif berdasarkan hal ini jenis analisa dapat diterima atau ditolak atas dasar data kuantitatif berikutnya. Pendekatan kuantitatif di sisi lain, adalah numerik evaluasi gerakan atau gerakan berdasarkan data yang diperoleh selama analisa. Pendekatan ini dapat menghilangkan subjektif deskripsi sebagai nomor/data yang dikumpulkan dapat menggambarkan atau menjelaskan situasi fisik.

2.5.1.5 Bagian Tubuh dan *Segmental* Manusia

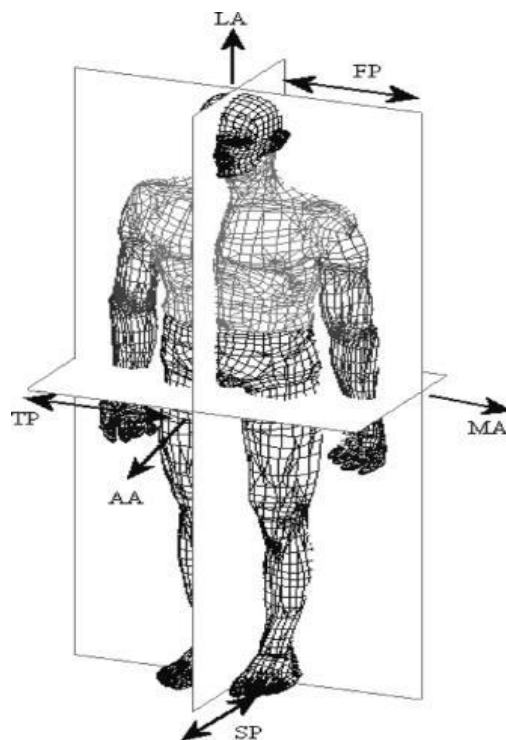
Wilayah tubuh manusia dapat dibagi menjadi 11 segmen fungsional: kepala dan leher, dada, daerah lumbar, panggul, paha, kaki, telapak kaki, bahu, lengan, lengan bawah, dan tangan. Kepala, leher, dan batang adalah segmen utama tubuh dan disebut sebagai bagian aksial tubuh. Ekstremitas atas dan bawah seperti lengan dan kaki disebut bagian apendikular (Kreighbaum & Barthels, 1996).



Gambar 2.10 Anatomi Bagian Tubuh Manusia
(Sumber: Kreighbaum & Barthels, 1996)

Posisi deskripsi *proksimal* dan *distal* berkenaan dengan x titik referensi yang sudah ditentukan, dengan posisi *proksimal* mendefinisikan lebih dekat ke titik referensi dan *distal* menjadi lebih jauh. Seperti pada Gambar 2.10 istilah *superior* dan *inferior* berhubungan dengan posisi pada tubuh. Jika suatu benda berada di atas titik referensi dan lebih dekat ke kepala maka disebut dengan *superior*. Sementara itu jika suatu benda berada di bawah referensi yang sama dan lebih dekat ke kaki maka disebut dengan *inferior*. *Anterior* (permukaan ventral) dan *posterior* (permukaan dorsal) mendefinisikan posisi yang terletak di depan atau belakang titik x referensi masing-masing.

Tiga bidang gerak imajiner digunakan untuk menggambarkan gerakan manusia. Seperti pada Gambar 2.11 bagian tubuh ini diposisikan melalui tubuh pada sudut kanan dan berpotongan pada pusat massa tubuh dan disebut bagian tubuh utama atau kardinal. *Sagittal Plane* (SP) membagi tubuh ke kiri dan kanan dengan gerakan terjadi pada sumbu *Mediolateral Axis* (MA). Bidang *frontal* (*koronal*) (FP) membagi tubuh ke bagian depan dan belakang, dengan gerakan terjadi pada sumbu *Anteroposterior* (AA). Bagian tubuh (*horizontal*) (TP) membagi tubuh menjadi bagian atas dan bawah dengan gerakan pada *Longitudinal Axis* (LA).



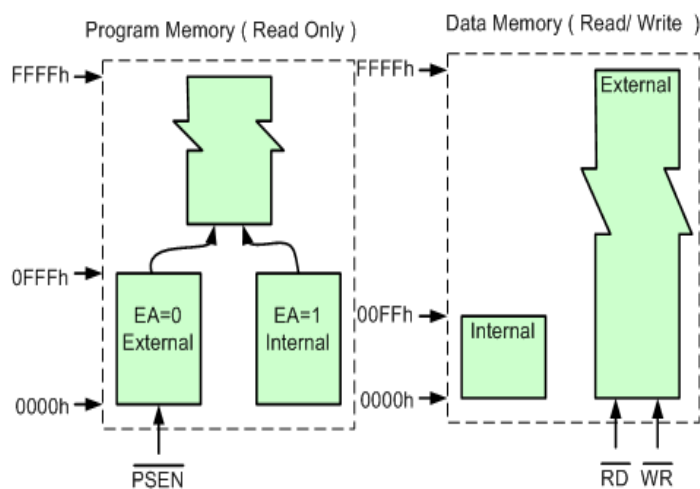
Gambar 2.11 Bidang dan Sumbu pada Tubuh Manusia
(Sumber: Kreighbaum & Barthels, 1996)

2.5.2 Microcontroller Unit (MCU)

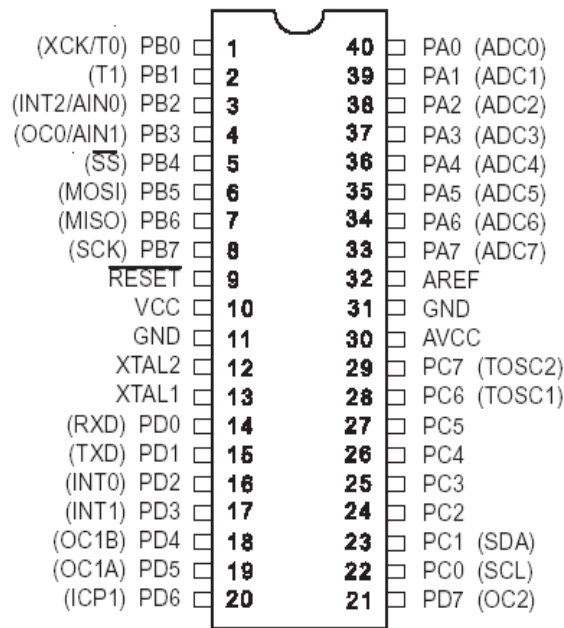
Microcontroller adalah sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip IC*, sehingga sering disebut *single chip microcomputer* (Putra, 2002). Perangkat ini umumnya dapat menyimpan program yang akan dijalankan dan terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, I/O tertentu, dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari *microcontroller* ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran *board microcontroller* menjadi sangat ringkas. *Microcontroller* merupakan *system computer* yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Elemen *microcontroller* tersebut diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Pemroses (*processor*)
2. Memori
3. *Input dan Output*

Kadangkala pada *microcontroller* ini beberapa *chip* digabungkan dalam satu papan rangkaian. Perangkat ini sangat ideal untuk mengerjakan sesuatu yang bersifat khusus, sehingga aplikasi yang diisikan ke dalam komputer ini adalah aplikasi yang bersifat *dedicated*. Jika dilihat dari harga, *microcontroller* ini harga umumnya lebih murah dibandingkan dengan komputer lainnya, karena perangkatnya relatif sederhana. *Microcontroller* telah banyak digunakan di industri, walaupun penggunaannya masih kurang dibandingkan dengan penggunaan *Programmable Logic Control* (PLC), tetapi *microcontroller* memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan PLC. Ukuran *microcontroller* lebih kecil dibandingkan dengan suatu modul PLC sehingga peletakkannya dapat lebih *flexible*. Secara teknis terdapat 2 jenis *microcontroller* yaitu RISC dan CISC. RISC kependekan dari *Reduced Instruction Set Computer*: instruksi terbatas tapi memiliki fasilitas yang lebih banyak sedangkan CISC kependekan dari *Complex Instruction Set Computer*: instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya. *Microcontroller* mempunyai ruang alamat tersendiri yang disebut memori. Seperti pada Gambar 2.12 memori dalam *microcontroller* terdiri atas memori program dan memori data dimana keduanya terpisah, yang memungkinkan pengaksesan data memori dan pengalamatan 8 bit, sehingga dapat langsung disimpan dan dimanipulasi oleh *microcontroller* dengan kapasitas akses 8 bit. Program memori tersebut bersifat hanya dapat dibaca (ROM/EPROM). Sedangkan untuk data memori kita dapat menggunakan memori eksternal (RAM). Skema dalam *microcontroller* dijelaskan pada Gambar 2.13



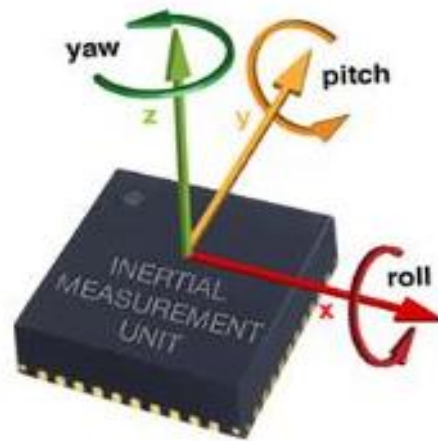
Gambar 2.12 Ruang Alamat Memori
(Sumber: Putra, 2002)



Gambar 2.13 Skema *Microcontroller*
(Sumber: Putra, 2002)

2.5.2.1 IMU (*Inertial Measurement Unit*)

Industri saat ini mengerucut menuju lingkungan produksi secara otomatis. Posisi dari pekerja yang melakukan pekerjaan untuk jalur produksi dan memantau gerakan mereka sangat penting. Untuk tujuan ini, sensor terdiri dari 3 sumbu *accelerometer* dan 3 sumbu *gyroscope* yang sering disebut dengan sensor unit pengukuran inersial (IMU) adalah pilihan yang baik untuk melakukan hal tersebut (Edvardsen et al., 2017). Sensor ini dapat digunakan untuk memberikan informasi tentang posisi dengan menggunakan teknologi MEMS (*Micro Electro Mechanical Systems*). Alat ini bisa menjadi sangat kecil dalam ukuran sehingga dapat dengan mudah digunakan. Namun menggunakan sensor ini untuk memposisikan dengan akurat bukan hal yang mudah. Untuk mencapai posisi yang sangat akurat dengan sensor IMU, teknologi canggih sinyal pengolahan dan fusi data diperlukan. Modul sensor sangat penting untuk sistem posisi berbasis sensor. Sistem Mikro-Elektro-Mekanik (MEMS) adalah teknologi perangkat mikroskopis tersebut. Dalam sistem ini MEMS sensor merupakan unit pengukuran inersia (IMU). Ini adalah Sistem-*On-Chip* yang terdiri dari akselerometer 3-sumbu, giroskop 3-sumbu dan magnetometer. Pada sistem *Inertial Measurement Unit* (IMU) menggunakan 2 sensor yang terdiri dari sensor akselerometer dan sensor giroskop. Masing-masing sensor terdiri dari 3-sumbu koordinat yaitu sumbu x, sumbu y, dan sumbu z seperti pada Gambar 2.14. Setiap sensor yang digunakan mempunyai fungsi dan kegunaan yang berbeda untuk menjalankan sistem yang akan dibangun.



Gambar 2.14 *Inertial Measurement Unit*
(Sumber: Edvardsen et al., 2017)

1. Accelerometer

Konsep *accelerometer* MEMS didasarkan pada Hukum Kedua Newton tentang Gerak

$$F = m_s \times a \dots\dots\dots (2.1)$$

Ini mengukur percepatan dalam tiga sumbu dengan mengukur gaya terhadap besar nilai suatu massa (m_s). Gaya terhadap besar nilai suatu massa tersebut dapat diciptakan dengan 2 percepatan yang berbeda. Gravitasi komponen membentuk medan gravitasi bumi dan akselerasi inersia yang tercipta saat perubahan dalam kecepatan terjadi. Percepatan total digambarkan sebagai:

$$a_{tot} = g + a_{motion} \dots\dots\dots (2.2)$$

2. Gyroscope

Tujuan dari *gyroscope* adalah untuk mengukur rotasi sudut. *Gyroscope* dalam MEMS IMU memiliki tiga sumbu. Konsep giroskop MEMS didasarkan pada Efek *Coriolis*, efeknya terlihat ketika massa m bergetar dalam bidang rotasi sepanjang radius r . Energi rotasi dinyatakan sebagai:

$$E_{rot} = 1/2 m_s r^2 w_0^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Energi rotasi meningkat ketika radius r dari pusat massa meningkat. Energi akan berubah sesuai dengan radius r sedemikian rupa sehingga gaya dibuat. Gaya yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan nilai w_0 dan akan berbanding terbalik dengan nilai perpindahan massa m dan rotasi.

$$F_c = 2m_s (w \times v) \dots\dots\dots (2.4)$$

Akselerasi yang dialami oleh m_s kemudian dapat dihitung sebagai:

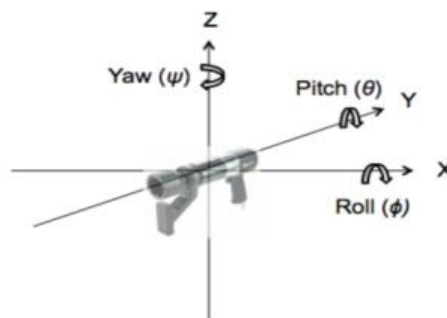
$$a_c = 2v \times w_0 \dots\dots\dots (2.5)$$

3. Magnetometer

Konsep *magnetometer* MEMS didasarkan pada kekuatan medan magnet yang diukur dari inti bumi. Ini mengukur kekuatan di unit *Teslameter* $< 1\text{mT}$ dan *Gaussmeter* ketika kekuatan medan magnet adalah $> 1\text{mT}$. Karena tidak bergantung pada gerak, *magnetometer* akan selalu membacakan nilai m yang membuatnya menguntungkan ketika menentukan arah yang tidak bergerak obyek. Fitur ini membuatnya menjadi pelengkap yang sangat memadai untuk data yang diperoleh dari akselerometer dan giroskop. Namun, *magnetometer* datang dengan beberapa kerugian karena sangat sensitif terhadap benda-benda magnetik di sekitarnya yang menciptakan banyak kebisingan yang tidak diinginkan dan karena itu dapat memberikan pengaruh yang signifikan pada akumulasi kesalahan dalam data mentah.

2.5.2.2 MARG Sensors

Position Tracking (pelacak posisi) menggunakan sistem MARG Sensor merupakan sebuah sistem pelacakan dengan menggunakan *microcontroller arduino* yang digunakan untuk melakukan pelacakan terhadap orang yang berjalan (Yun et al., 2007). Modul sensor yang digunakan merupakan komponen utamanya. Sistem ini merupakan sistem yang hampir sama dengan sistem IMU (*Inertial Measurement Unit*). Letak perbedaannya adalah pada sensor yang digunakan. Pada sistem MARG menggunakan 3 jenis sensor yang terdiri dari sensor *accelerometer*, sensor *gyroscope*, dan sensor *magnetometer*.



Gambar 2.15 Euler Angels
(Sumber: Edvardsen et al., 2017)

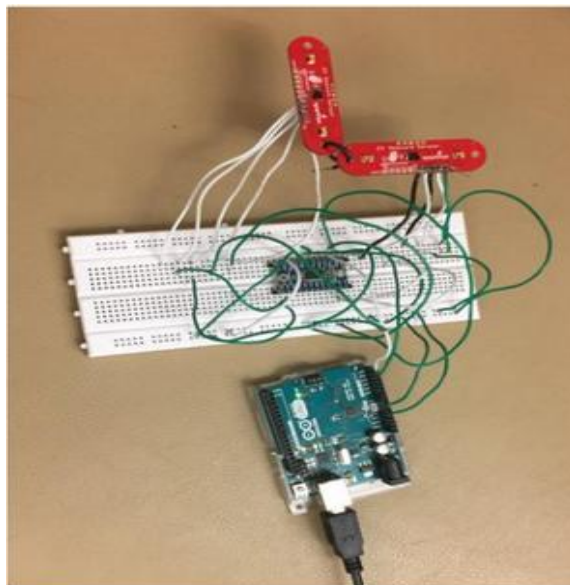
Sistem ini digunakan untuk melakukan pelacakan posisi pada orang yang sedang berjalan. Pada kegiatan ini bisa diketahui data untuk orang yang sedang berjalan baik itu dalam bentuk 2-D maupun bentuk 3-D. Penggunaan sensor *magnetometer* digunakan untuk mendeteksi medan magnet di sekitar sensor yang digunakan. Dengan medan magnet tersebut maka sensor ini dapat digunakan untuk menentukan arah dari sensor seperti pada Gambar 2.15.

2.5.2.3 *Gesture Sensor*

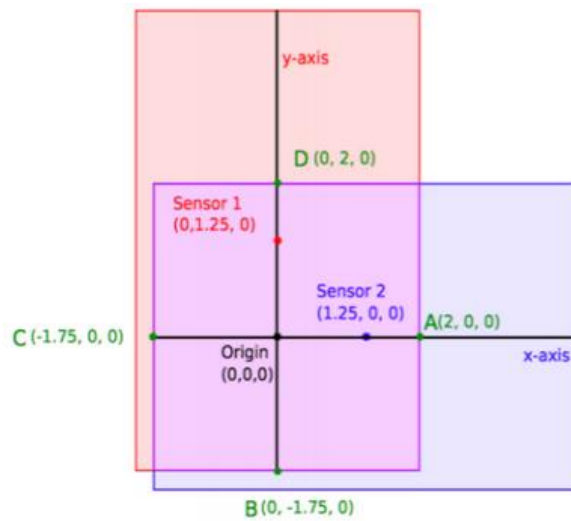
Jaringan sensor komputer dikembangkan untuk memantau posisi tangan dengan kondisi tremor esensial, gangguan sistem saraf yang menyebabkan gemetar tak terkendali, terutama di tangan dan tubuh bagian atas. Jaringan mengumpulkan tiga dimensi data posisi menggunakan dua Jarak ZX dan *Gesture Sensor*, sebuah Papan *Arduino Uno*, dan *Raspberry Pi*. Jarak ZX dan *Gesture Sensors*, yang menggunakan dua inframerah (IR) memancarkan dioda cahaya (LED) dan penerima untuk mengumpulkan data posisi, terhubung ke *Arduino*. Dari sana, data dikirimkan ke *Raspberry Pi* melalui *multiplexer I2C*. Data percobaan diambil dengan kondisi tremor oleh peraga dan dianalisa menggunakan *Python* untuk menentukan jaringan ketepatan. Grafik dua dimensi dari data mentah dalam bentuk x-, y-, atau z- koordinat sepanjang waktu, memindahkan fitur data, dan tiga plot dimensi dihasilkan. Dengan data yang dikumpulkan dari pasien tremor nyata, jaringan sensor komputer ini bisa merevolusi kemampuan untuk memantau dan mengklasifikasikan tremor esensial untuk kebutuhan kesehatan (Burt et al., 2017).

1. *Data Colection* (Pengumpulan Data)

Dua ZX *Gesture Sensors* digunakan untuk mengumpulkan tiga dimensi data posisi dari tangan atau benda yang ditunjukan pada Gambar 2.16. Sebuah sensor tunggal mampu mengumpulkan data dua sumbu, tetapi untuk memperoleh data tiga dimensi, dua sensor harus digunakan. Menempatkan dua sensor tegak lurus satu sama lain untuk pengumpulan data dari sumbu x, y, dan z.



Gambar 2.16 Tata Letak ZX *Gesture Sensor*
(Sumber: Burt et al., 2017)



Gambar 2.17 Penggunaan 2 ZX Gesture Sensor untuk Pengumpulan Data 3 Dimensi
(Sumber: Burt et al., 2017)

Diagram pada Gambar 2.17 menguraikan kisaran nilai data setiap sensor pada sumbu x, y, dan z koordinat yang digunakan untuk pengukuran. Setiap sensor mencatat nilai dari 0 hingga 240 keduanya secara vertikal dan secara horizontal. Ketika tangan berada di luar jangkauan maka sensor akan mencatat sebagai nilai negatif. Pengumpulan data dilakukan setiap waktu dan data dicatat sementara kemudian data disaring dari kumpulan data sebelum analisa menggunakan *skrip Python*.

2. Data Analysis (Analisa Data)

Setelah data sensor diambil oleh *Arduino*, itu dikirim serial ke *Raspberry Pi* melalui koneksi USB dan disimpan ke dalam bentuk file. Data dari masing-masing disimpan sebagai vektor x dan z mulai dari 0 hingga 240 unit dari masing-masing sensor. Data vector y didapatkan dengan menganggap hasil data vektor x pada *ZX Gesture Sensor* posisi vertikal. Hasil data inilah yang kemudian akan masuk ke dalam *skrip Python* untuk dianalisa dan diplot dalam bentuk grafik.

2.5.2.4 Kesalahan dan Keterbatasan Sistem (*Errors and Limitations of The System*)

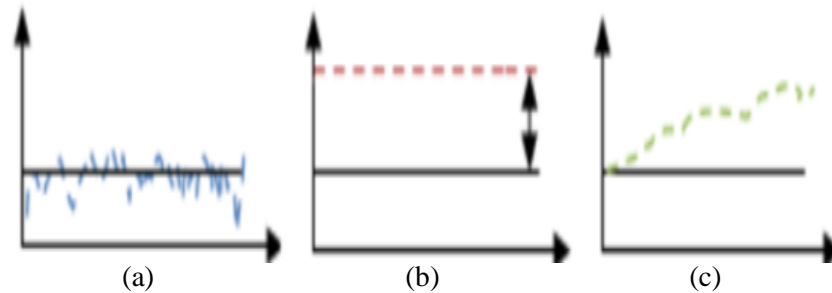
Kesalahan serta keterbatasan sistem menggunakan *Microcontroller Unit* (MCU) adalah sebagai berikut (Edvardsen et al., 2017).

1. Faktor Lingkungan

Getaran pada frekuensi rendah dan tinggi serta medan magnet *invariant* terus menerus hadir di atmosfer dimana alat digunakan. Karena kondisi ini, pembatasan jenis sensor yang dapat digunakan akan membatasi beberapa kemungkinan untuk mendapatkan data yang akurat.

2. Sensor Error

Ada beberapa jenis kesalahan sensor yang berbeda. Ini bisa berupa *noise*, *offset*, *drift*, *scale* faktor kesalahan, non linearitas, dan kesalahan akurasi. Kesalahan utama yang menyebabkan pembacaan tidak akurat adalah *noise*, *offset error* dan *drift error*.



Gambar 2.18 Tiga sensor error: (a) *noise*, (b) *offset*, dan (c) *drift*
(Sumber: Burt et al., 2017)

Grafik (a) dalam Gambar 2.18 menunjukkan kesalahan sinyal yang diklasifikasikan sebagai *noise*. Sumber kebisingan pada sensor bisa dikategorikan menjadi:

- Kebisingan lingkungan, seperti fluktuasi suhu, gravitasi, dll.
- Gerakan, seperti getaran, guncangan.
- *Hardware* kebisingan, seperti kebisingan termal listrik dan mekanik.

Grafik (b) adalah kesalahan *offset*, yang disebut kesalahan bias. Kesalahan ini menghasilkan pergeseran dari nol. Di grafik (c) kesalahan *drift* disajikan. Komponen *drift* terjadi dari getaran, guncangan, dan suhu variasi.

3. Karakteristik dan Keterbatasan Sensor

Sensor MEMS sangat sensitif terhadap frekuensi rendah yang membuat mereka sangat rentan terhadap kebisingan oleh pengguna eksternal. Ini dapat menyebabkan ketidakakuratan pengukuran yang mempengaruhi akurasi pada hasil akhir. Ini mempengaruhi sinyal pengukuran dengan cara yang membuatnya berbeda dan menghasilkan pengukuran yang sangat tidak akurat.

4. Microcontroller Unit (MCU)

Microcontroller Units (MCU) sekarang banyak digunakan untuk *platform embedded system*. Keuntungan dengan menggunakan sistem MCU sangat *mobile*, energi yang efisien, dan dapat memproses data pada kecepatan yang relatif tinggi. Namun, MCU dilengkapi dengan keterbatasan ketika datang ke pemrosesan data secara *real-time*. Prosesor, RAM, dan memori secara signifikan lebih kecil yang mempengaruhi waktu perhitungan dan keakuratan sistem.

2.5.3 Android Device

Perancangan sistem dengan android untuk menentukan keadaan seseorang pada saat terjatuh. Sistem ini digunakan dalam dunia kesehatan yang sangat membantu untuk melacak seseorang yang sedang sakit (Casilari et al., 2015). Android adalah sistem operasi berbasis *Linux* yang dirancang untuk perangkat seluler layar sentuh. Tidak seperti pendekatan *Apple* yang tertutup, di bawah *platform Android* terbuka, programmer dapat mengkonfigurasi ulang banyak hal penting yang terdapat dalam komponen perangkat keras dan perangkat lunak dalam perangkat tersebut (misalnya *accelerometer*) serta melaksanakan desain ulang antarmuka pengguna. Akibatnya, android banyak digunakan sebagai lingkungan pemrograman untuk sebagian basis *smartphone (SP-based)*. Namun, ada beberapa karya di bibliografi dimana sistem ini digunakan pada OS seluler lainnya. FDS berbasis SP awal dikembangkan di *OS Symbian* pada ponsel. *Apple IOS* dipilih sebagai sistem operasi untuk aplikasi yang disajikan. *iPhone* bertanggung jawab untuk memperingatkan pengguna tentang risiko jatuh berdasarkan informasi dari sinyal yang diterima dari sensor yang berbeda. Aplikasi *IOS* yang berjalan pada *iPhone*, yang berkomunikasi dengan dua sensor modular berenergi rendah *Bluetooth (BLE)* (mengandung *accelerometer* dan *gyroscope* 3 sumbu serta *magnetometer*). Adapun perangkat pendukung yang digunakan seperti.

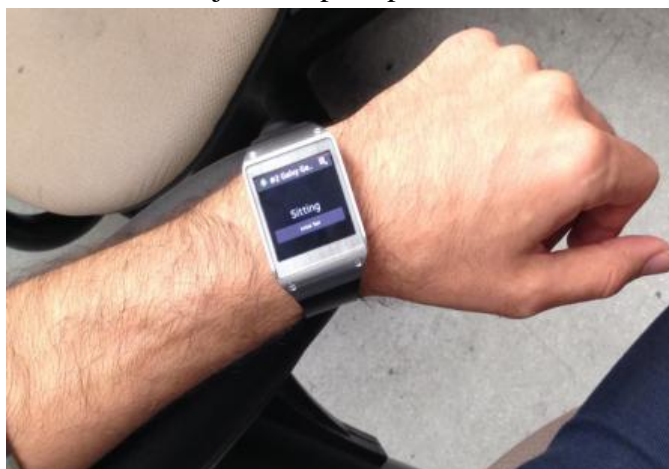
- **Sensor (S):** sistem mengeksplorasi kemampuan penginderaan perangkat android. Sensor yang digunakan terdiri dari *3-axis accelerometer*, *3-axis gyroscope*, dan *magnetometer*. Sensor internal merupakan sensor yang terdapat di dalam android dan sensor eksternal (bukan android) merupakan sensor tambahan dengan perangkat tambahan (biasannya *bluetooth*).
- **Data Analyzer (DA):** sistem dapat memanfaatkan kekuatan komputasi di *platform Android* untuk mengimplementasikan dan mengeksekusi algoritma yang menentukan apakah penurunan telah terjadi. Jika pendeteksian keputusan didasarkan pada sinyal yang ditangkap oleh sensor eksternal, kabel atau (paling disukai) komunikasi nirkabel antara sensor dan perangkat android harus digunakan.
- **Communication Gateway (CG):** antarmuka komunikasi (*Wi-Fi*, *Bluetooth*, *GPRS/ 3G/4G*, dll.) Dari perangkat android digunakan untuk mengirim ulang data (atau keputusan pendeteksian jatuh) ke server pusat jarak jauh.
- **Remote Monitoring Unit (RMU):** dalam hal ini perangkat android (biasanya SP atau tablet) hanya terintegrasi dalam sistem deteksi sebagai antarmuka pengguna akhir untuk memperingatkan pengguna pemantauan (misalnya staff medis) tentang kejadian jatuh.

2.5.4 Smartwatch

Smartphone (SP) semakin lazim, dengan studi yang menunjukkan pengguna berada dalam kedekatan *smartphone* mereka hampir 90% dari waktu mereka. *Smartphone* ini memiliki kemampuan yang mengesankan, mulai dari pemantauan kesehatan jarak jauh hingga pencatatan hidup. Namun, desain sistem sensor yang akan digunakan, serta metode interaksi yang mengarah pada kemampuan penginderaan, serta antarmuka (*interface*) masih menjadi kendala. Pasar *smartwatch* yang sedang berkembang yang merupakan perangkat yang dapat dikenakan yang bermanfaat karena dipakai oleh pengguna di lokasi standar yaitu pada pergelangan tangan, dapat melacak aktivitas, baik sendiri atau bersama dengan *smartphone*. Perangkat ini memiliki kendala yang dapat membatasi keefektifan termasuk ukuran layar, perangkat keras yang lebih lemah untuk penginderaan dan komputasi, baterai yang terbatas, serta kapasitas penyimpanan yang kecil (Mortazavi et al., 2015).

1. Sistem Kerja

Pemantauan aktivitas dengan *smartphone* dan perangkat dengan telepon ini telah dipelajari dengan baik. Secara khusus, perangkat ini dapat melakukan pelacakan aktivitas untuk lingkungan klinis dan cara menjaminkannya bahwa pengguna melakukan aktivitas yang diinginkan. Perangkat ini dapat melacak aktivitas secara *real-time* dengan sensor yang terpasang pada pergelangan tangan pengguna dalam bentuk *smartwatch*. Sistem ini dapat digunakan untuk merekam serta melacak data dalam periode waktu yang besar untuk memberikan klasifikasi gerakan dari pengguna. Selanjutnya identifikasi yang dilakukan adalah keadaan postur pengguna yang terdiri dari duduk, berdiri, dan berbaring. Selain itu perangkat ini juga dapat mengidentifikasi transisi dari ketiga postur pengguna tersebut. Sistem ini ditunjukkan seperti pada Gambar 2.19



Gambar 2.19 Pengguna Menggunakan Sistem *Smartwatch*
(Sumber: Mortazavi et al., 2015)

2. Hardware Platform dan Data Collection

Smartwatch Samsung Galaxy Gear dengan 2 sensor yang terdiri dari sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Perangkat ini mempunyai kapasitas penyimpanan 4 GB untuk penyimpanan internal yang cukup untuk menyimpan data untuk durasi waktu yang diinginkan. Pengumpulan data dilakukan dengan durasi waktu yang diinginkan untuk selanjutnya data diunggah ke komputer *host* melalui kabel USB di ujung waktu. Sensor *accelerometer* mempunyai 3 sumbu yang terdiri dari x arah atas tangan pengguna, sumbu y menunjuk ke tangan, dan sumbu z keluar *orthogonal* ke tampilan jam. Pengumpulan data dilakukan dengan 20 relawan dengan rentang usia 19-30 tahun untuk melakukan beberapa kegiatan dengan mengenakan perangkat *smartwatch*.



Gambar 2.20 Screenshot data-recording
(Sumber: Mortazavi et al., 2015)

Setiap subjek kemudian diminta untuk melakukan serangkaian kegiatan yang dimaksudkan untuk melatih suatu algoritma yang akan digunakan. Dalam melakukan pengumpulan data, pengguna melakukan anotasi gerakan untuk setiap memulai dan mengakhiri kegiatan. Untuk setiap aktivitas, pengguna diminta untuk mengulangi setiap tindakan 10 kali. Pada akhir setiap percobaan, data diunggah secara manual ke komputer *desktop* untuk mendapatkan pengakuan algoritma, melalui kabel USB seperti pada Gambar 2.20. Algoritma *leave-one-subject-out cross-validation* (LOSOCV) digunakan untuk menentukan klasifikasi kegiatan atau aktivitas dari data yang telah diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan.

2.6 Wearable Device

Wearable Device adalah sebuah perangkat yang dapat digunakan pada bagian tubuh manusia yang berhubungan dengan operasi komputer dan teknologi terkini, serta menggunakan prinsip "*Wearable Technology*", yaitu teknologi yang dapat dipakai juga di

implementasikan dalam kehidupan sehari-hari berdasarkan estetika dan juga fungsinya masing-masing (Uslu et al., 2013). Fitur dan sensor mengenalkan bagaimana mengelola informasi tentang lokasi geografis dan lingkungan sekitar perangkat, serta data aktivitas manusia. Hal ini menggunakan layanan lokasi untuk melacak informasi lokasi, dan berbagai sensor perangkat untuk melacak lingkungan perangkat dan aktivitas pengguna. Adapun fitur dan sensor yang dapat digunakan adalah sebagai berikut.

1. *Geofences in mobile applications only*

Geofences, yang merupakan perimeter virtual untuk area geografis dunia nyata. Bila geofensi aktif, fitur ini memantau lokasi pengguna dan menerima peringatan saat pengguna memasuki atau meninggalkan area *geofence*.

2. *Location Information*

Pengelola lokasi menyediakan lokasi geografis perangkat untuk aplikasi yang akan digunakan. Fitur ini dapat mengakses lokasi pengguna, memantau pembaruan lokasi, dan melacak pergerakan pengguna dalam batas tertentu atau sepanjang *route*.

3. *Maps and Maps Service*

Fitur ini dapat menggunakan layanan peta, seperti *geocoder*, *place searching*, dan *routing*. Layanan peta memerlukan penyedia peta, agar fitur ini dapat mengambil rincian peta yang diperlukan.

4. *Device Sensors*

Fitur ini dapat membaca dan mengelola data dari berbagai sensor pada perangkat. Fitur ini juga dapat mengakses informasi dari berbagai sensor lingkungan, seperti sensor cahaya dan magnetik, dan dari sensor yang berhubungan dengan pengguna, seperti monitor denyut jantung.

5. *Activity Recognition*

Fitur ini dapat menggunakan pengenalan aktivitas untuk mengumpulkan informasi tentang pergerakan dan aktivitas pengguna, seperti berjalan dan berlari. Fitur ini juga bisa mengenali keadaan stasioner dan aktivitas pada kendaraan yang bergerak.

6. *Gesture Recognition*

Fitur ini dapat memonitor isyarat pengguna, seperti keran dua kali, getar, miring, dan gerakan pergelangan tangan. Anda dapat menerima pemberitahuan tentang pola pergerakan perangkat yang berbeda, mengidentifikasi status perangkat, dan memicu kejadian saat data pergerakan memenuhi kondisi yang telah ditentukan.

2.6.1 Kemajuan Perangkat Teknologi (*Wearable Device*)

Dalam beberapa tahun terakhir, beberapa aplikasi perangkat yang dapat dikenakan telah digunakan dalam industri untuk mendukung pengendalian proses produksi, manajemen kesehatan dan keselamatan (Hazarika, 2016). Selain itu juga digunakan untuk pemantauan kualitas lingkungan (Haas et al., 2016). Perangkat teknologi ini perlu memperhatikan empat faktor yaitu kebutuhan konsumen, teknologi, ekonomi, dan regulasi/peraturan untuk berhasil memperluas pasar (Mardonova et al., 2018). Pertama, perangkat teknologi ini perlu mengembangkan layanan dengan nilai yang efektif dan daya tarik massa. *Wearable device* masa depan dapat dibagi menjadi fungsi yang masuk ke dalam layanan kesehatan dan informasi atau hiburan. Kedua, hambatan teknis sehubungan dengan baterai, bobot perangkat, metode *input*, dan layar harus mampu untuk diselesaikan. *Wearable device* harus mampu untuk digunakan pada setiap saat, membuat baterai yang tahan lama dan bobot yang sangat ringan sangatlah penting. Seringnya pengisian daya akan menurunkan kenyamanan produk dan daya tarik di mata konsumen. Selanjutnya, meskipun memiliki metode *input* yang berbeda seperti pengenalan suara, gerakan, wajah maupun sidik jari sudah bisa diterapkan saat ini, namun teknologi ini sejatinya masih belum matang. Ketiga, *wearable device* saat ini masih dianggap sebagai pelengkap untuk *smartphone*, sehingga membuat faktor harga menjadi salah satu penentu utama untuk memperluas basis pasokan. Semakin tingginya harga produk sebaiknya juga diimbangi dengan peningkatan dalam kinerja dan kegunaan untuk konsumen. Keempat, langkah-langkah pencegahan untuk meminimalkan dampak negatif dan penyalahgunaan *wearable device* harus segera ditetapkan. Layanan inovatif tertentu untuk *wearable device* bisa menanamkan ketakutan kepada konsumen atau orang-orang di sekitar pemakai.

2.6.2 Klasifikasi Perangkat Teknologi yang Dapat Dikenakan (*Wearable Device*)

Perangkat yang dapat dikenakan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa perangkat yang dapat dikenakan (*wearable device*). Klasifikasi tersebut dapat dikelompokkan berdasarkan fungsi, penampilan, kedekatannya dengan manusia, dan parameter lainnya (Chatterjee et al., 2016). Studi ini menggolongkan mereka sesuai dengan sifat fungsionalnya dan kemampuan untuk lebih menjelaskan aplikasi mereka ke sektor industri. Tabel 2.1 berikut merupakan klasifikasi perangkat teknologi yang dapat dikenakan (*wearable device*) berdasarkan faktor-faktor klasifikasi yang telah dijelaskan sebelumnya.

Tabel 2.1 Klasifikasi Perangkat Teknologi (*Wearable Device*)

| No. | Type | Karakteristik | Kemampuan | Aplikasi |
|-----|--------------------------------|---|--|---|
| 1 | <i>Smartwatch</i> | <ul style="list-style-type: none"> - daya pengoperasian rendah - tampilan antarmuka yang nyaman | <ul style="list-style-type: none"> - tampilan yang spesifik - pembayaran - olahraga dan pelacakan aktivitas | <ul style="list-style-type: none"> - bisnis, administrasi - pemasaran, asuransi - olahraga profesional, latihan - pendidikan |
| 2 | <i>Smart eyewear</i> | <ul style="list-style-type: none"> - layar sentuh (<i>touchscreen</i>) - daya pengoperasian rendah - mengirim suara langsung ke telinga | <ul style="list-style-type: none"> - visualisasi - interpretasi bahasa - komunikasi - jadwal penugasan | <ul style="list-style-type: none"> - logistik - pendidikan - hiburan - <i>surgery</i> - <i>aerospace</i> dan <i>defense</i> |
| 3 | <i>Fitness Tracker</i> | <ul style="list-style-type: none"> - akurasi tinggi - tahan air - ringan - koneksi jaringan <i>wireless</i> (tanpa kabel) | <ul style="list-style-type: none"> - petunjuk arah - olahraga dan pelacakan aktivitas - pemantauan detak jantung - kesehatan psikologi | <ul style="list-style-type: none"> - olahraga - kesehatan - olahraga profesional - olahraga <i>outdoor/indoor</i> |
| 4 | <i>Smart Clothing</i> | <ul style="list-style-type: none"> - tidak visual dengan pengguna baik via <i>screen</i> atau <i>display</i> - data didapatkan dari sensor tubuh | <ul style="list-style-type: none"> - detak jantung, aktivitas sehari-hari, suhu, dan pelacakan posisi - tingkat panas dan dingin tubuh | <ul style="list-style-type: none"> - olahraga profesional, latihan - pengobatan - kemiliteran - logistik |
| 5 | <i>Wearable Camera</i> | <ul style="list-style-type: none"> - membuat pengambilan gambar - dimensi yang kecil - mampu digunakan dengan mode malam | <ul style="list-style-type: none"> - <i>real-time</i> pengambilan gambar atau video - <i>live streaming</i> - olahraga/pelacakan aktivitas | <ul style="list-style-type: none"> - perlindungan - olahraga - industri - pendidikan |
| 6 | <i>Wearable Medical Device</i> | <ul style="list-style-type: none"> - manajemen sakit - pelacakan psikologi - pemantauan kadar glukosa - pemantauan tidur - pemantauan aktivitas otak | <ul style="list-style-type: none"> - penyakit kardiovaskular - kekacauan psikologi - penyakit kronis, diabetes - <i>neuroscience</i> - rehabilitasi - <i>dermatology</i> | <ul style="list-style-type: none"> - olahraga - pengobatan kardiovaskular - <i>psychiatry</i> - <i>oncology</i> - <i>dermatology</i> - <i>respirology</i> |

2.6.2.1 *Smartwatch*

Jam tangan cerdas adalah perangkat komputerisasi atau komputer kecil yang dimaksudkan untuk dikenakan di pergelangan tangan, dan telah memperluas fungsi yang sering terkait dengan komunikasi yang ditunjukkan seperti pada Gambar 2.21. Sebagian besar model *smartwatch* saat ini didasarkan pada sistem operasi seluler. Beberapa beroperasi sebagai perangkat yang dipasangkan dengan *smartphone* dan menyediakan layar tambahan

untuk menginformasikan kepada pemakai pemberitahuan baru, seperti pesan yang diterima, panggilan, atau pengingat kalender (Khoa, 2015). Dengan tambahan sensor inersia yang andal dan sensitif pada mereka, jam tangan pintar kini bisa digunakan untuk menangkap dan menganalisis gerakan tangan, seperti merokok atau kegiatan lain (Parate & Ganesan, 2017).



Gambar 2.21 *Smartwatch*
(Sumber: Khoa, 2015)

2.6.2.2 *Smart Eyewear*

Kategori lain dari perangkat yang dapat dikenakan, kacamata pintar yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi dalam *optical head-mounted displays* (OHMD), *heads-up displays* (HUDs), *Virtual Reality* (VR), *Augmented Reality* (AR), *Mixed Reality* (MR), dan *smart contact lenses* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.22. Meskipun ada perbedaan dalam fungsi dan desain, semua kacamata pintar dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu yang dipasangkan dengan *smartphone* atau yang terpisah, yang membutuhkan kabel koneksi dengan perangkat sumber.



Gambar 2.22 *Smart Eyewear*
(Sumber: Mardonova et al, 2018)

2.6.2.3 Fitness Tracker

Pelacak kebugaran, juga dikenal sebagai pelacak aktivitas, biasanya dikenakan di pergelangan tangan, dada, atau telinga, dan dirancang untuk memantau dan melacak kegiatan olahraga luar ruangan dan mengukur metrik yang berhubungan dengan kecakapan, seperti kecepatan dan jarak berlari, pernafasan, denyut nadi, dan kebiasaan tidur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.23 (Cadmus-Bertram, 2017).



Gambar 2.23 *Fitness Tracker*
(Sumber: Cadmus-Bertram, 2017)

2.6.2.4 Smart Clothing

Meskipun aspek pakaian pintar mirip dengan jenis perangkat yang dapat dikenakan lainnya yang digunakan untuk memantau kondisi fisik pemakainya mulai dari pakaian olahraga dan pakaian konsumen (kemeja pintar dan pakaian tubuh) seperti pada Gambar 2.24 (Hanuska et al., 2016).



Gambar 2.24 *Smart Clothing*
(Sumber: Hanuska et al., 2016)

2.6.2.5 Wearable Camera

Berbeda dengan kamera konvensional, desain yang ramah untuk pengguna, mobilitas, dan fleksibilitas yang dapat dikenakan kamera telah menarik minat yang signifikan dari konsumen. Daya tarik kamera ini adalah sangat cocok untuk membuat video dan foto secara *real time*. Dua jenis kamera dapat digunakan: kamera kecil yang dapat dilekatkan ke tubuh atau pakaian, atau bahkan bisa dipakai di telinga, dan kamera yang lebih besar dengan pemasangan untuk ditempelkan pada topi atau helm seperti pada Gambar 2.25 (Khoa, 2015). Teknologi kamera ini dapat digunakan untuk deteksi jatuh dan pemantauan ekologis lingkungan.



Gambar 2.25 *Wearable Camera*
(Sumber: Khoa, 2015)

2.6.2.6 Wearable Medical Device

Perangkat medis yang dapat dikenakan biasanya terdiri dari satu atau lebih biosensor yang digunakan untuk memantau beragam data fisiologis untuk mencegah penyakit, memberikan diagnosis dini, dan memfasilitasi perawatan serta rehabilitasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.26 (Jones, 2018). Perangkat dapat digunakan untuk perawatan kesehatan digital yang dapat dikenakan, seperti monitor aktivitas, monitor kadar glukosa, detak jantung, psikologi, dan dermatologi. Perangkat teknologi ini membantu mengumpulkan data penting mengenai kesehatan pasien menggunakan sensor non-invasif yang dipasang pada perangkat. Perangkat ini dapat membantu memantau tingkat kesehatan seseorang yang menggunakannya. Terdapat fitur-fitur yang dapat memberitahukan kepada pengguna mengenai kondisi tubuh pengguna perangkat tersebut. Dengan hal demikian pengguna perangkat dapat mencegah atau melakukan hal lebih dini sebelum terjadi hal-hal yang tidak diinginkan.



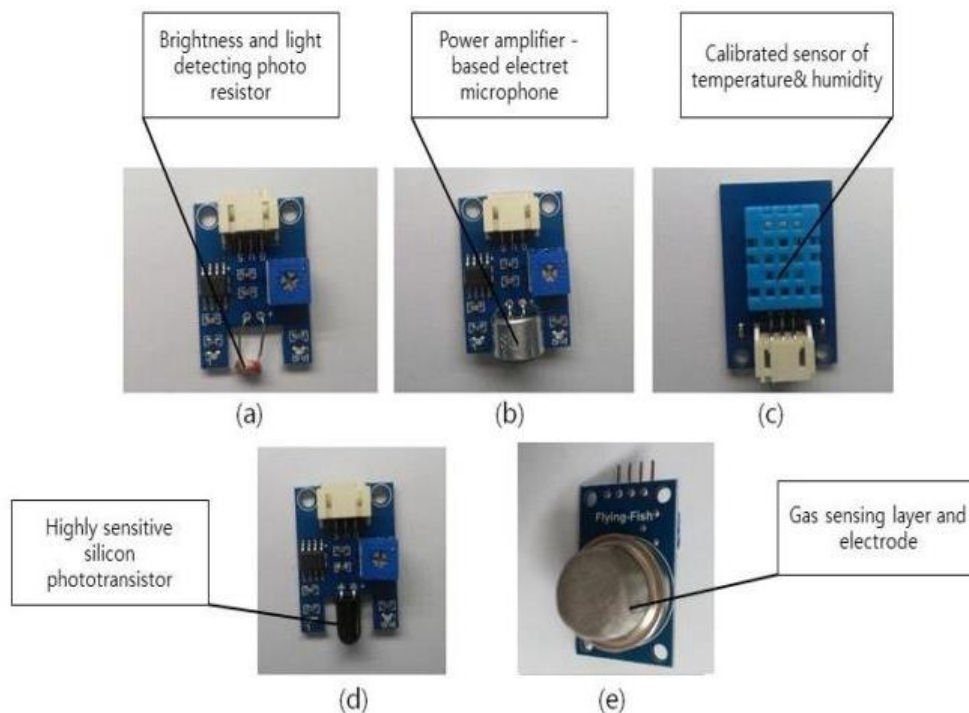
Gambar 2.26 *Wearable Medical Device*
(Sumber: Jones, 2018)

2.6.3 Sensor Perangkat Teknologi (*Wearable Device*)

Berbagai jenis sensor digunakan dalam perangkat teknologi yang dapat dikenakan (*wearable device*) bergantung pada aplikasi yang dimaksud. Banyak produsen di seluruh dunia menghasilkan sensor untuk individu atau pengembang. Karena sensor adalah komponen penting dari perangkat teknologi yang dapat dikenakan (*wearable device*). Fitur sensor dibagi menjadi empat kelompok besar: sensor lingkungan, biosensor, sensor pelacakan lokasi, dan sensor lainnya.

2.6.3.1 *Environmental Sensor (Sensor Lingkungan)*

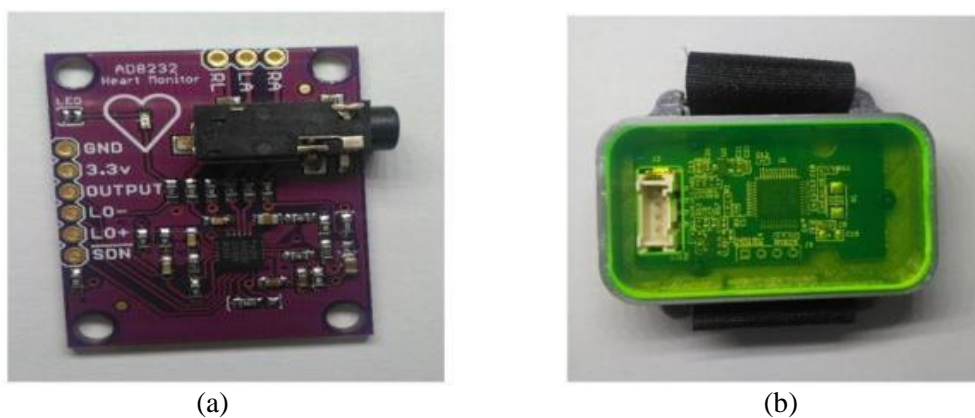
Sensor lingkungan digunakan untuk mengukur, memantau, dan merekam kondisi lingkungan, seperti tekanan barometrik, kelembaban relatif, luminositas, suhu, debu, dan ketinggian air (Jones, 2018). Sensor cahaya Gambar 2.27 (a) yang dapat digunakan untuk mendeteksi cahaya seperti sensor cahaya gerak, cahaya ambient sensor, lampu luar, lampu keamanan, dan sensor cahaya trafik. Sensor suara atau mikrofon Gambar 2.27 (b) digunakan untuk menentukan intensitas suara suatu lingkungan. Tipe yang paling umum terdiri dari mikrofon dinamis yang mengukur tingkat kebisingan dalam desibel pada frekuensi dimana manusia sensitif. Sebuah sensor kelembaban Gambar 2.27 (c) mengukur kelembaban relatif di udara untuk digunakan dalam kelembaban dan pengukuran suhu (Yeo et al., 2008). Sensor nyala api Gambar 2.27 (d) digunakan untuk mendeteksi api dan lebih sensitif serta akurat daripada biasanya menggunakan detektor asap atau panas. Sensor asap Gambar 2.27 (e) melakukan fungsi serupa dalam mendeteksi asap dan gas udara berbahaya lainnya.



Gambar 2.27 Sensor Lingkungan: (a) Sensor Cahaya, (b) Sensor Suara, (c) Sensor Kelembaban, (d) Sensor Api, (e) Sensor Asap
(Sumber: Mardonova et al., 2018)

2.6.3.2 Biosensor

Ruang lingkup biosensor telah diperluas dengan meningkatnya permintaan untuk pemantauan kesehatan. Sensor memungkinkan orang untuk menyadari status kesehatan mereka setiap saat dan digunakan oleh perawatan kesehatan profesional dalam diagnosis dini dan pencegahan penyakit (Monošik et al., 2012). Contohnya termasuk tubuh sensor suhu, sensor pemantauan denyut jantung, *electrocardiogram* (ECG), *electroencephalography* (EEG), sensor *electromyography* (EMG), sensor tekanan darah, dan sensor tingkat glukosa.

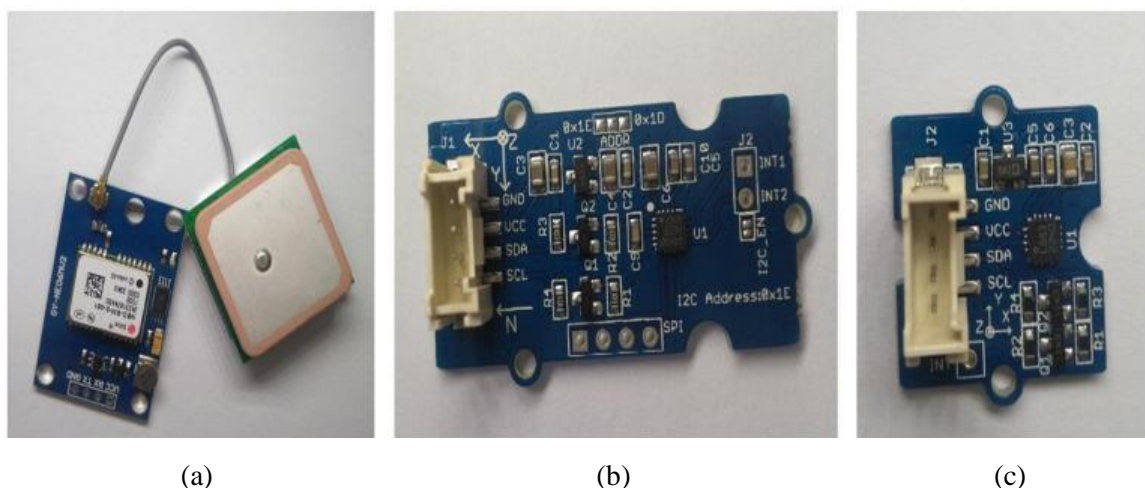


Gambar 2.28 Optical Biosensors: (a) *Electrocadiogram (ECG) Heart-Monitoring Sensor*, (b) *Finger-Clip Heart Rate Sensor*
(Sumber: Mardonova et al., 2018)

Modul pemantauan denyut jantung Gambar 2.28 (a) dapat digunakan untuk mengukur aktivitas denyut dari jantung yang dimaksudkan untuk digunakan dalam mengekstraksi, memperkuat, dan menyaring sinyal bio-potensial untuk menghasilkan denyut jantung. Biasanya, monitor jantung memerlukan penggunaan bantalan dan kabel sensor biomedis. Sensor denyut jantung klip jari yang ditunjukkan pada Gambar 2.28 (b) adalah biosensor optik berkinerja tinggi mengukur perubahan dalam pergerakan darah dalam tubuh.

2.6.3.3 Position and Location Tracking Sensors

Sensor lokasi dan pelacakan posisi (yaitu, GPS, *altimeter*, *magnetometer*, *compas*, dan *accelerometers*) adalah jenis sensor yang paling umum pada perangkat teknologi yang dapat dikenakan (*wearable device*), seperti pelacak aktivitas, *smartwatches*, dan bahkan pakaian medis dimana mereka digunakan untuk memeriksa aktivitas fisik dan kesehatan pasien (Kung & Vlah, 2003). Modul GPS Gambar 2.29 (a) adalah sensor tiga sumbu yang digunakan dalam navigasi spasial yang dapat menentukan lokasi, ketinggian, dan kecepatan secara *real-time*. Kompas Gambar 2.29 (b) adalah *magnetometer* sederhana yang mendefinisikan arah medan magnet penggunaannya. Sensor *magnetometer* dapat digunakan untuk mengukur medan magnet di lokasi tertentu. Seperti dapat mendeteksi logam besi, dapat digunakan untuk melacak kendaraan logam, dan gerakan tubuh manusia (saat digunakan bersama dengan *accelerometer* dan *smartphone*). Jenis sensor umum lainnya adalah sensor *accelerometer* yang memiliki jangkauan kemampuan penginderaan yang luas. Sensor ini merupakan sensor yang membaca perubahan kecepatan secara linier pada tiga sumbu koordinat.



Gambar 2.29 Location-Tracking Sensors: (a) GPS (Global Positioning System), (b) 6 (axis) Accelerometer and Compass, (c) Digital Compass
(Sumber: Mardonova et al., 2018)

2.7 Referensi Lain

Penggunaan referensi diperlukan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan langkah penulisan dan aspek teknis yang ada pada tugas akhir terdahulu. Selain itu juga digunakan sebagai dasar dari pembuatan tugas akhir yang akan dibuat. Berikut ini merupakan referensi tugas akhir yang memiliki kesamaan topik dengan Perancangan Aplikasi Berbasis Android untuk *Monitoring Kinerja Fitter* dengan Menggunakan Perangkat Teknologi yang Dapat Dikenakan (*Wearable Device*).

2.7.1 Perancangan Aplikasi Berbasis Komputer untuk Proses Manajemen Mutu pada Pembangunan Kapal Baru (Putra & Triwilaswandio, 2016)

Manajemen mutu di galangan kapal saat ini belum dilaksanakan dengan sistematis. Hasil proses pemeriksaan pembangunan kapal baru, masih disimpan di dalam lemari dan folder-folder komputer secara terpisah. Manajemen pemeriksaan belum didukung dengan sistem yang mempermudah pihak Galangan, *Owner Surveyor*, *Class* dan *State Regulator* dalam pengawasan, pencarian, *review*, evaluasi dan pelaksanaan pemeriksaan. Tugas akhir ini bertujuan untuk merancang aplikasi berbasis komputer dalam membantu pelaksanaan manajemen mutu pada pembangunan kapal baru yang lebih baik. Pertama, dilakukan observasi sistem manajemen mutu di galangan kapal, diambil sebagai sampel adalah Galangan PT. PAL Indonesia. Kedua, ditentukan parameter-parameter yang diperlukan dalam aplikasi manajemen mutu. Ketiga, dilakukan perancangan aplikasi manajemen mutu berdasarkan parameter-parameter aplikasi. Parameter-parameter di dalam aplikasi diidentifikasi selama tahapan pembangunan kapal, proses, komponen kapal, dan dokumen kapal, serta item pemeriksaan dan standar pemeriksaan. *Software* yang digunakan untuk perancangan aplikasi adalah kombinasi bahasa pemrograman PHP, *text editor Sublime Text 2* dan *database MySQL*. Aplikasi berbasis komputer yang dirancang dapat membantu pelaksanaan manajemen mutu dalam pengawasan, pencarian, *review*, evaluasi dan pelaksanaan pemeriksaan. Setelah aplikasi dibuat, dilakukan uji perbandingan sistem dan uji verifikasi, didapatkan hasil bahwa aplikasi lebih baik dibandingkan dengan sistem eksisting yang secara perseorangan dijalankan di galangan kapal.

2.7.2 Perancangan Sistem Informasi Berbasis Komputer untuk *Monitoring* Aktivitas di Bengkel Produksi pada Pembangunan Kapal Baru (Pratama & Triwilaswandio, 2017)

Tujuan utama dari studi ini adalah untuk merancang sistem informasi berbasis komputer untuk *monitoring* aktivitas di bengkel produksi pada pembangunan kapal baru. Pertama, kebiasaan sistem pemantauan yang ada di bengkel produksi perusahaan pembangunan kapal dilakukan observasi. Kedua, sistem informasi berbasis komputer untuk *monitoring* aktivitas di bengkel produksi pada pembangunan kapal baru direncanakan dengan menggunakan *mock up* sebagai alat untuk mendesain. Tahap akhir, sistem informasi yang telah dirancang diuji kepada responden. Sistem informasi ini mempunyai fitur untuk mendaftarkan proyek kapal baru dan data kapal, menu untuk memasukan pengguna baru dan pekerja di bengkel, menunjukkan kemajuan progres pembangunan kapal, dan meninjau hasil kegiatan di bengkel sebagai data historis. Sistem ini telah diuji coba kepada responden yang melibatkan beberapa pihak di galangan kapal atau memiliki latar belakang pendidikan di bidang arsitek perkapalan dan pembangunan kapal. Dengan menggunakan kuesioner diperoleh bahwa sistem informasi ini perlu diterapkan untuk mendukung proses pemantauan di bengkel dengan persentase rata rata nilai 83,34%.

2.7.3 Perancangan Aplikasi Berbasis Android untuk Pemeriksaan Pengelasan pada Bangunan Kapal Baru (Achmafajri & Triwilaswandio, 2017)

Penelitian ini berdasarkan pemeriksaan pengelasan pada pembangunan kapal baru yang ada saat ini masih dilakukan secara manual dimana seorang *welding inspector* melakukan pemeriksaan mengacu pada form pemeriksaan. Kegiatan pemeriksaan pengelasan yang ada saat ini kurang efektif untuk dilakukan pada proses pembangunan kapal baru, hal ini dikarenakan minimnya fungsi pengawasan dan kontrol dari *welding inspector* yang menyebabkan terjadinya pemeriksaan ulang dan pekerjaan ulang. Hasil pemeriksaan pengelasan ini akan dikemas dalam bentuk laporan yang tentu saja akan memakan waktu yang relatif lebih lama. Sehingga tujuan dari penelitian ini melakukan observasi sistem pemeriksaan pengelasan pada pembangunan kapal baru yang ada dan merancang aplikasi berbasis android untuk panduan pemeriksaan pembangunan kapal baru.

2.7.4 Perancangan Aplikasi Berbasis Android untuk Aktivitas Manajemen Material Galangan Kapal Baru (Wirayudha & Triwilaswandio, 2017)

Penelitian ini berdasarkan aktivitas manajemen material di galangan kapal masih menggunakan cara manual dibantu komputer, yang tentunya membutuhkan waktu dalam penyampaian informasi dan sering terjadi kesalahan informasi antar pihak terkait. Aktivitas manajemen material dimulai dari material yang tiba di galangan akan dilakukan pemeriksaan, mulai dari kuantitas, kualitas dan dokumen. Material yang lolos pemeriksaan akan diterima dan dimasukkan ke gudang. Material yang dimasukkan di gudang membutuhkan pengawasan persediaan supaya tidak terjadi pembelian yang percuma. Dari gudang, material akan dikeluarkan untuk digunakan di lapangan. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang aplikasi komputer berbasis android yang dapat digunakan untuk membantu aktivitas manajemen material di galangan kapal.

2.7.5 Perancangan Aplikasi Komputer Berbasis Android untuk Survei Kondisi Kapal oleh Owner Surveyor (Haloho & Triwilaswandio, 2016)

Penelitian ini berdasarkan proses survei yang dilakukan saat ini masih dilakukan secara manual dimana seorang *owner surveyor* melakukan survei berdasarkan daftar survei yang diterbitkan oleh perusahaan pemilik kapal. Hasil survei kondisi akan disajikan dalam bentuk laporan yang nantinya akan diserahkan kepada pemilik kapal sebagai bahan pertimbangan untuk dilakukannya *repair* dan *maintenance*. Proses survei yang dilakukan saat ini tentu saja kurang efektif untuk dilakukan, mengingat tidak semua *owner surveyor* memiliki pengetahuan dan pengalaman yang sama serta proses pembuatan laporan hasil survei yang sering memakan waktu lama. Sehingga tujuan dari penelitian ini untuk merancang aplikasi komputer berbasis android yang dapat membantu seorang *owner surveyor* dalam melakukan proses survei kondisi. Aplikasi yang dirancang dapat digunakan untuk mendukung kegiatan survei kondisi kapal.

2.7.6 Perancangan Aplikasi Komputer Berbasis Android untuk Panduan Pengawasan Pembangunan Kapal Baru oleh Owner Surveyor (Lasuardi & Triwilaswandio, 2016)

Penelitian ini berdasarkan kegiatan pengawasan pembangunan kapal baru yang ada saat ini masih dilakukan secara manual dimana seorang *owner surveyor* melakukan pengawasan mengacu pada form pengawasan. Pada kondisi di lapangan semakin banyaknya proses

pembangunan kapal baru menyebabkan semakin meningkatnya kebutuhan *owner surveyor*. Semakin bertambahnya kebutuhan pengawasan pembangunan kapal baru menyebabkan banyaknya *owner surveyor* baru yang secara pengalaman dan pengetahuan kurang memadai. Selain itu laporan hasil pengawasan dikemas dalam bentuk laporan yang di-*input* secara manual dan memakan waktu relatif lebih lama. Sehingga tujuan dari penelitian ini untuk merancang aplikasi komputer berbasis android untuk panduan pengawasan pembangunan kapal baru. Aplikasi yang dirancang dapat membantu memberikan panduan pengawasan pada *owner surveyor* baru dalam melakukan pemeriksaan pembangunan kapal baru.

2.7.7 Perancangan Aplikasi Komputer Berbasis Android untuk Estimasi Biaya Reparasi Kapal Interaktif (Hansel & Triwilaswandio, 2016)

Penelitian ini berdasarkan penentuan anggaran biaya reparasi kapal yang masih dilakukan estimasi biaya secara manual sehingga kemungkinan terjadi kesalahan pihak *owner* dalam menentukan harga reparasi yang dapat merugikan pihak pemilik karena anggaran atau dana yang disiapkan kurang dan tidak sesuai yang dianggarkan. Maka dari itu tingginya permintaan reparasi di galangan kapal, membuat *owner* kapal harus menentukan anggaran biaya yang diperlukan ketika akan melakukan reparasi kapal pada saat kapal masih berada diatas laut. Sehingga tujuan dari penelitian ini untuk merancang aplikasi komputer berbasis *android* yang mampu menghitung secara cepat, tepat dan mendekati akurat dalam perhitungan estimasi biaya reparasi kapal. Aplikasi yang dirancang ini mampu memberikan informasi berupa jenis-jenis pekerjaan reparasi yang dilakukan sehingga penentuan estimasi biaya reparasi dapat dilakukan secara tepat dan detail.

BAB 3

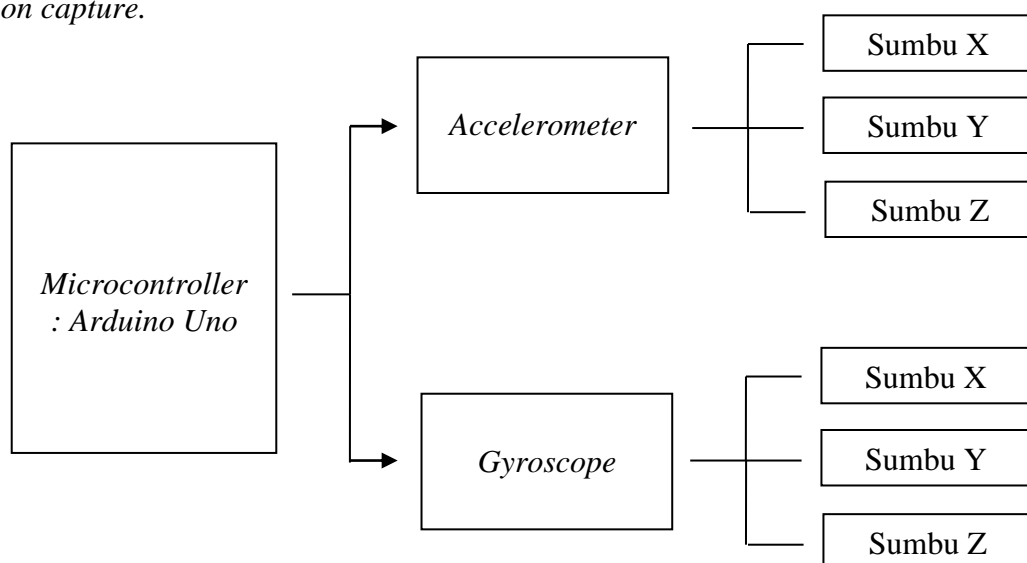
METODOLOGI

3.1 Metode

Metode merupakan cara yang digunakan untuk memahami objek penelitian sehingga dapat mencapai sasaran atau tujuan dari penelitian. Masing-masing objek penelitian mempunyai metode yang digunakan. Terdapat 4 (empat) metode yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Penjelasan untuk ke-empat metode tersebut adalah sebagai berikut.

3.1.1 *Motion Capture* (Perekaman Gerakan)

Motion capture merupakan deskripsi proses dari perekaman gerakan dan pengartian gerakan dalam bentuk nilai pada setiap sumbu koordinat. Metode yang digunakan dalam melakukan *motion capture* adalah dengan menggunakan IMU (*Inertial Measurement Unit*) dengan *Arduino* sebagai *Microcontroller Unit* (MCU). Metode ini menggunakan 2 jenis sensor yang terdiri dari sensor *accelerometer* dan sensor *gyroscope*. Masing-masing sensor tersebut akan mengeluarkan *output* data dalam bentuk nilai koordinat pada tiga sumbu yaitu sumbu x, sumbu y, dan sumbu z seperti pada Gambar 3.1. Perangkat lunak *software* aplikasi *open source Arduino IDE* versi 1.6.9 tahun 2017 digunakan untuk membantu melakukan *motion capture*.



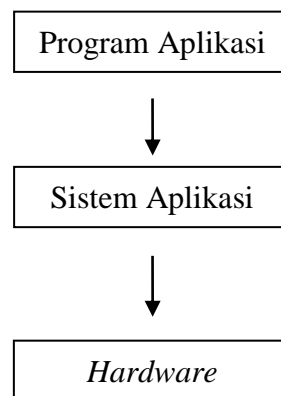
Gambar 3.1 Metode *Motion Capture* Kegiatan Fitter

3.1.2 Penentuan Peletakan Modul Sensor

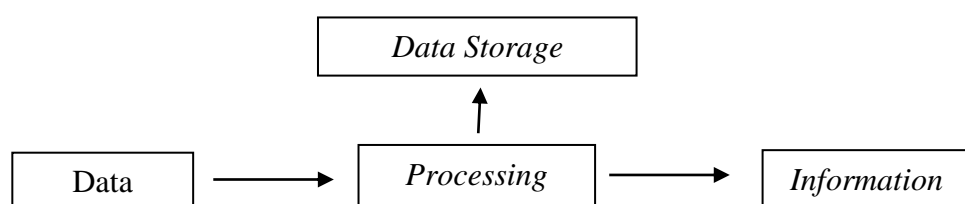
Dalam menentukan peletakan modul sensor digunakan metode observasi di lapangan. Perangkat lunak *software* aplikasi *iPi Recorder* dan *iPi Mocap Studio* digunakan untuk membantu melakukan penentuan tempat peletakan sensor yang akan digunakan. Perangkat lunak *software* aplikasi yang digunakan adalah *iPi Recorder* versi 3.3.2.57 tahun 2017 dan *iPi Mocap Studio* versi 3.6.6.222 tahun 2017. *Software* aplikasi ini digunakan untuk merekam, menyimpan, dan memutar kembali gerakan *fitter* pada saat melakukan kegiatan atau aktivitas kerja. Selanjutnya penentuan terhadap bagian tubuh yang bergerak paling dominan yang akan menjadi tempat peletakan modul sensor yang akan digunakan.

3.1.3 Sistem Aplikasi

Sistem aplikasi merupakan sebuah perangkat lunak yang siap untuk digunakan untuk membantu melaksanakan suatu pekerjaan penggunanya. Tanpa sistem aplikasi, pengguna tidak dapat menjalankan program aplikasi yang akan digunakan. Untuk fungsi-fungsi perangkat keras seperti sebagai masukan dan keluaran dan alokasi memori, sistem aplikasi bertindak sebagai perantara antara program aplikasi dan perangkat keras seperti pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3. Contoh sistem aplikasi modern adalah *Linux*, *Android*, *iOS*, *Mac OS X*, dan *Microsoft Windows*.



Gambar 3.2 Diagram Sistem Aplikasi



Gambar 3.3 Transformasi Data Menjadi Informasi

Sistem aplikasi yang direncanakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah sistem aplikasi berbasis android. Sistem tersebut dipilih dengan alasan aplikasi yang akan dirancang mempunyai mobilitas yang tinggi pada saat digunakan. Akan tetapi setelah menentukan metode yaitu dengan menggunakan *Microcontroller Unit* (MCU) dengan sistem *Inertial Measuremen Unit* (IMU), sistem aplikasi yang digunakan adalah sistem aplikasi berbasis komputer. Sistem yang direncanakan sebelumnya tidak bisa digunakan karena perbedaan bahasa pemrograman. Untuk sistem aplikasi berbasis android mempunyai bahasa pemrograman android, sedangkan untuk sistem aplikasi berbasis komputer mempunyai bahasa pemrograman C++. Adapun kelebihan menggunakan sistem aplikasi berbasis komputer ini diantaranya adalah mampu mem-proses data yang lebih efektif, mampu menyimpan data yang lebih besar dan padat, dan operasionalisasi komputer yang lebih efisien. Adapun kelemahan jika menggunakan sistem aplikasi ini adalah mobilitas yang sangat terbatas.

3.2 Bahan dan Peralatan

Bahan dan Peralatan yang digunakan untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. *Arduino Uno R3 (ATMEGA328-Assembled)*
2. *Sensor Accelerometer dan Gyroscope (Sensor Modul MPU 6050 Gyroscope & Accelerometer)*
3. *Kabel Jumper Male to Female Dupont for Arduino*
4. *WeMos D1 Wifi ESP8266 ESP-12E Arduino UNO Based Shield*
5. *USB 2.0 Cable Type A/B*

3.3 Lokasi Pengerjaan

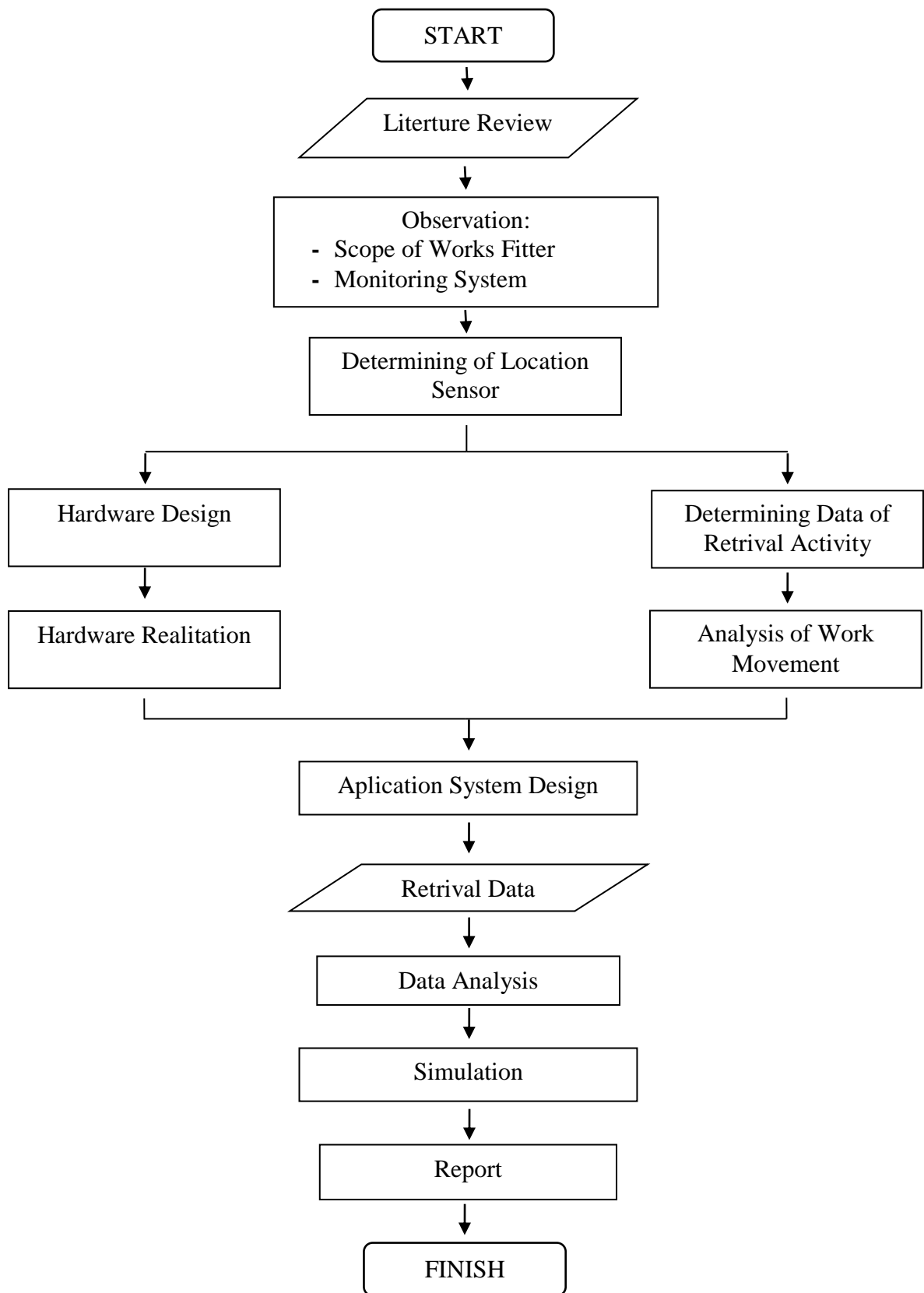
Adapun lokasi tempat pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

Lokasi : PT. PAL Indonesia (persero)

Alamat : Jl. Ujung, Kel. Ujung, Kec. Semampir, Surabaya, Jawa Timur

3.4 Diagram Alir

Sebuah jenis diagram yang mewakili algoritme, alir kerja atau proses, yang menampilkan langkah-langkah dalam bentuk simbol-simbol grafis, dan urutannya dihubungkan dengan panah. Diagram ini mewakili ilustrasi atau penggambaran penyelesaian masalah. Adapun diagram alir yang digunakan dalam mengerjakan penelitian tugas akhir ini seperti pada Gambar 3.4





Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

Adapun penjelasan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

3.4.1 Studi Literatur

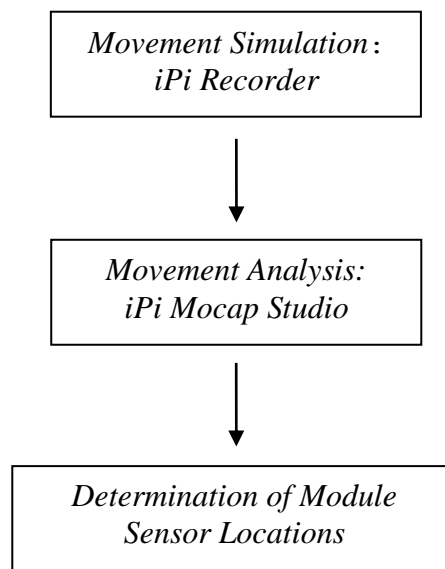
Studi literatur adalah studi teori-teori yang akan digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir serta untuk lebih memahami permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini. Referensi-referensi untuk mengerjakan tugas akhir ini didapat dari buku, jurnal ilmiah, paper, tugas akhir sebelumnya yang masih berkaitan, serta browsing dari internet yang kompeten dan dapat dipertanggung jawabkan.

3.4.2 Observasi Lapangan

Observasi atau pengamatan merupakan aktivitas terhadap suatu proses dengan tujuan untuk mengamati sebuah fenomena atau sebuah kegiatan untuk mendapatkan informasi-informasi yang dibutuhkan untuk melakukan suatu penelitian. Observasi dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung di lapangan. Observasi dilakukan di PT. PAL Indonesia (persero) dengan *fitter* sebagai objek observasi. Fokus utama dari pengamatan yang dilakukan adalah lingkup kerja (*scopes of work*) dan gerakan bagian tubuh *fitter* dalam melakukan kegiatan atau aktivitas kerja serta melakukan pengamatan pada sistem pengawasan yang digunakan saat ini. Observasi atau pengamatan dilakukan untuk menentukan metode yang tepat untuk penelitian yang dilakukan.

3.4.3 Penentuan Lokasi Peletakan Sensor

Pada tahap ini dilakukan penentuan terhadap peletakan posisi sensor yang akan digunakan pada bagian tubuh *fitter* yang sedang melakukan kegiatan atau aktivitas kerja. Penentuan peletakan sensor pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan simulasi gerakan kegiatan atau aktivitas kerja yang dilakukan oleh *fitter* dengan menggunakan alat *motion capture*. Alat ini digunakan untuk menangkap, memutar ulang, dan memproses rekaman video dari beberapa kamera dan modul sensor yang digunakan dalam bentuk kamera *kinect*. Proses rekaman video simulasi kegiatan atau aktivitas kerja menggunakan aplikasi perangkat lunak tambahan yaitu *iPi Recorder*. Aplikasi tersebut digunakan untuk melakukan perekaman gerakan yang dilakukan pada saat *fitter* melakukan kegiatan atau aktivitas kerja. Sedangkan aplikasi perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan analisa gerakan adalah aplikasi *iPi Mocap Studio*. Aplikasi tersebut dapat digunakan untuk menganalisa bagian tubuh yang bergerak paling dominan sehingga menjadi lokasi yang tepat untuk meletakan sensor yang akan digunakan. Dengan demikian dapat ditentukan nilai *output* dari setiap modul sensor untuk menentukan kegiatan atau aktivitas kerja yang dilakukan oleh seorang *fitter*.



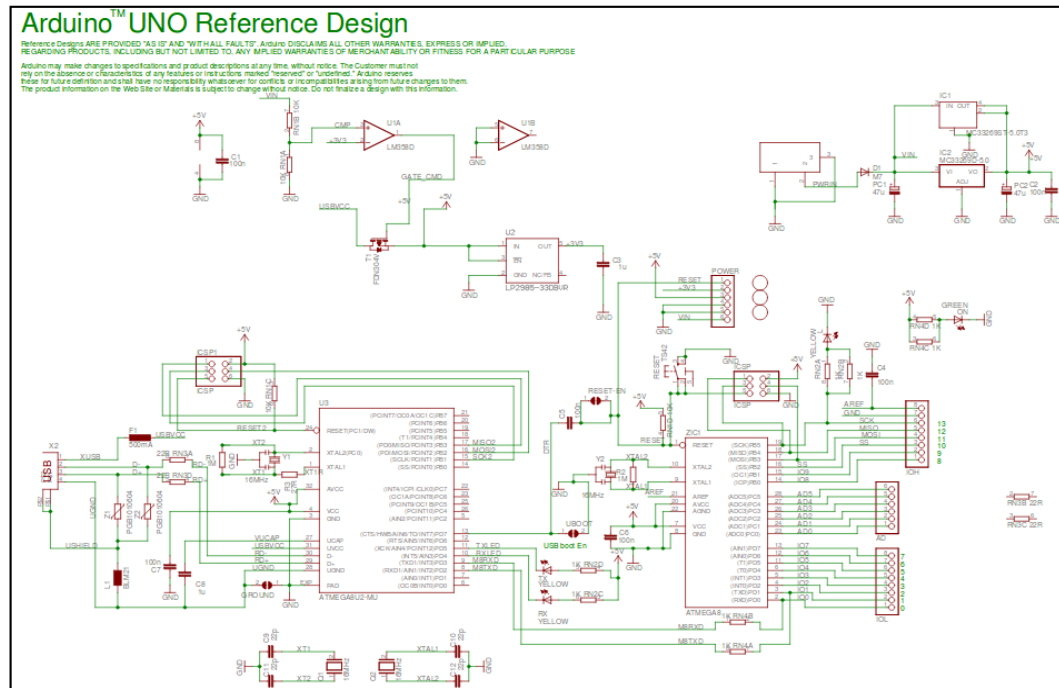
Gambar 3.5 Diagram Penentuan Lokasi Peletakan Sensor

Pada Gambar 3.5 merupakan diagram yang digunakan untuk melakukan penentuan terhadap lokasi peletakan sensor yang digunakan sebelum dilakukan pengambilan data.

3.4.4 Perancangan Alat

Pada tahapan ini alat dirancang dengan landasan dari metode yang telah ditentukan sebelumnya melalui studi literatur yang sudah dilakukan. Alat yang akan digunakan pada

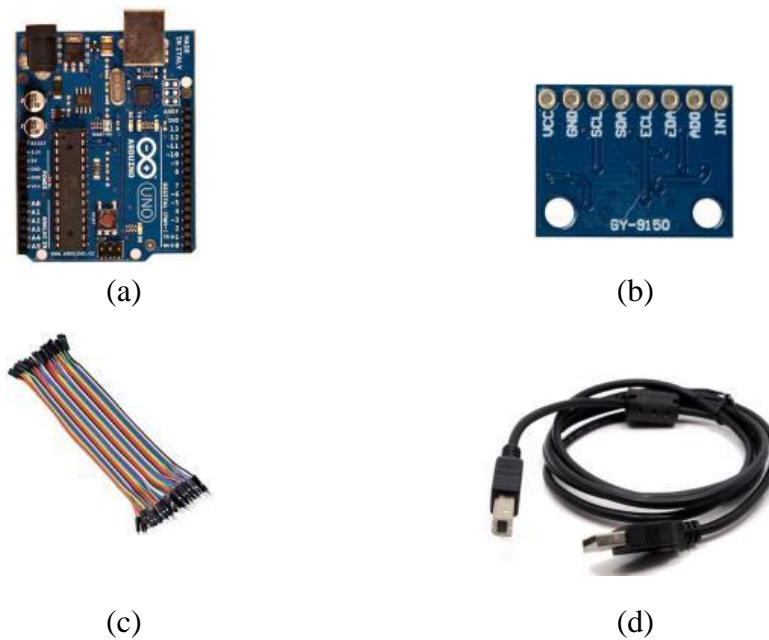
penelitian ini adalah *Microcontroller Unit (MCU)* jenis *Arduino Uno* dengan modul sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Alat ini dapat melakukan *motion capture* dalam bentuk nilai pada setiap sumbu kordinat sumbu yaitu sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Pada perancangan alat ini dihasilkan sebuah skematik rangkaian seperti yang terangkum pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Perancangan Alat yang Digunakan
(Sumber: Fathurahman et al., 2018)

3.4.5 Realisasi Alat

Pada tahapan ini rangkaian alat yang sudah dirancang pada tahapan sebelumnya akan direalisasikan. Komponen-komponen yang dibutuhkan untuk merealisasikan alat ini meliputi seperti yang terdapat pada Gambar 3.7. Tahapan pertama yang perlu dilakukan adalah *wiring*. Tahap tersebut merupakan tahapan yang dilakukan untuk menghubungkan antara *board arduino uno* dengan modul sensor yang akan digunakan. *Wiring* dilakukan dengan menggunakan *cable jumper* seperti pada Gambar 3.7 (c). Menghubungkan antara pin pada *board arduino uno* dengan modul sensor yang akan digunakan. Gambar 3.7 (a) merupakan *board arduino uno* yang digunakan, Gambar 3.7 (b) merupakan modul sensor yang digunakan yaitu modul sensor MPU 6050, Gambar 3.7 (c) merupakan kabel *jumper* yang digunakan untuk menghubungkan board arduino uno dengan modul sensor yang digunakan, dan Gambar 3.7 (d) merupakan kabel USB yang digunakan untuk *upload* program pada *board arduino uno*.



Gambar 3.7 Komponen-Komponen Alat: (a) *Arduino Uno R3 (ATMEGA328-Assembled)*, (b) *Sensor Accelerometer dan Gyroscope*, (c) *Kabel Jumper Male to Female Dupont for Arduino*, (d) *USB 2.0 Cable Type A/B*

(Sumber: Fathurahman et al., 2018)

Selanjutnya dilakukan konfigurasi antara *board arduino uno* dengan *wifi shield ESP 8266*. Hal ini dilakukan untuk menghubungkan antara *board arduino* dengan *wifi shield ESP 8266*. Modul *wifi* digunakan untuk melakukan pengiriman data hasil *output* dari masing-masing modul sensor yang digunakan.



Gambar 3.8 *WiFi Shield ESP 8266*
(Sumber: Fathurahman et al., 2018)

Gambar 3.8 merupakan *board WiFi Shield ESP 8266* yang digunakan dalam sistem yang akan dibuat. *Board* tersebut digunakan untuk koneksi antara *Arduino Uno* dengan koneksi internet. *Output* data yang dihasilkan dari pembacaan *board arduino uno* dikirimkan melalui koneksi *wifi* dari *board ESP 8266*.

3.4.6 Menentukan Kegiatan Pengambilan Data

Pada tahap ini ditentukan kegiatan atau aktivitas kerja yang dilakukan oleh *fitter* sesuai dengan ruang lingkup kerjanya (*scope of work*). Tujuan dari penentuan kegiatan atau aktivitas

kerja ini adalah untuk melakukan analisa terhadap gerakan bagian tubuh dari *fitter* pada saat melakukan kegiatan atau aktivitas kerja tersebut. Tahap ini dilakukan untuk menentukan bagian tubuh yang bergerak dominan pada saat *fitter* melakukan suatu kegiatan atau aktivitas kerja.

3.4.7 Analisa Gerakan

Tahap selanjutnya yaitu melakukan analisa gerakan bagian tubuh *fitter* pada saat melakukan suatu kegiatan atau aktivitas kerja. Analisa ini dilakukan dengan alat bantu *Kinect* dengan aplikasi perangkat lunak *iPi recorder* dan *iPi Mocap Studio*. Tujuan dari analisa gerakan ini adalah untuk mendapatkan tempat yang tepat untuk meletakkan sensor dari alat yang telah dibuat. Tempat tersebut merupakan tempat yang bergerak paling dominan ketika *fitter* melakukan kegiatan atau aktivitas kerja. Tempat tersebut nantinya akan menjadi tempat untuk meletakkan sensor yang akan dipasang pada *fitter* untuk melakukan *motion capture* (perekaman gerakan).

3.4.8 Perancangan Sistem Aplikasi

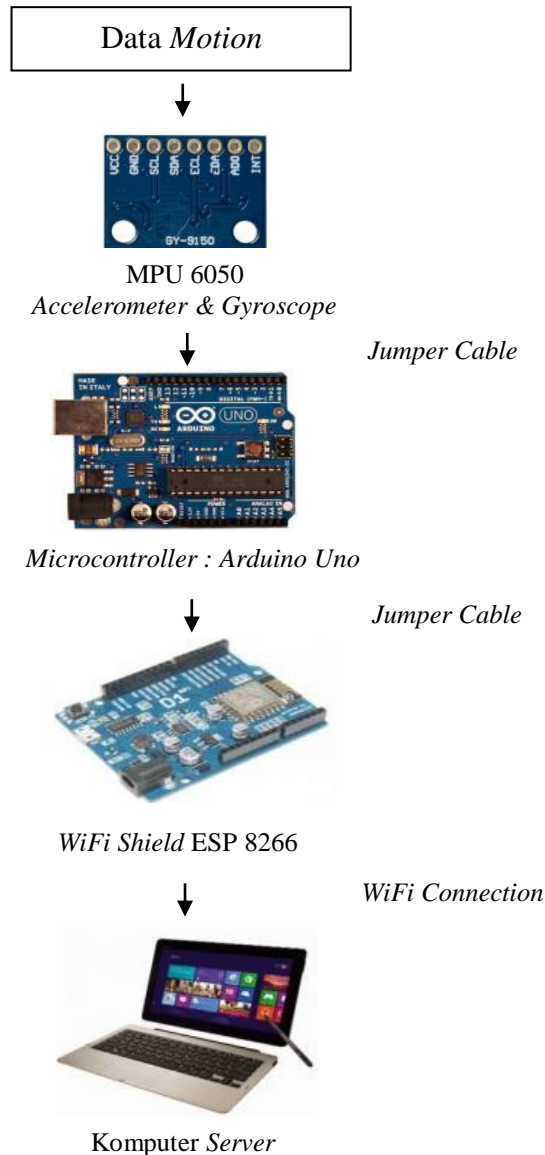
Tahap ini merupakan tahap untuk membuat sebuah web server yang berfungsi sebagai database penyimpanan data. Hasil output dari modul sensor yang digunakan akan tersimpan ke dalam database tersebut. Dari aplikasi ini akan ditampilkan data untuk setiap 60 detik dari masing-masing sensor yaitu sensor *accelerometer* dan sensor *gyroscope*. Selain itu juga terdapat fitur untuk melakukan pengunduhan data dari hasil pembacaan sensor. Sehingga proses *real time monitoring system* dapat dilaksanakan. Tujuannya adalah untuk membantu dalam proses pengawasan kinerja sehingga proses tersebut lebih praktis, mudah, efektif, dan efisien.

3.4.9 Pengambilan Data

Pengambilan data terdiri dari dua data yaitu Data Latih dan Data Validasi. Kedua data ini didapatkan dari kegiatan kerja yang dilakukan oleh *fitter*. Pada saat pengambilan data latih diperlukan aktor atau peraga yang akan melakukan gerakan dari suatu kegiatan atau aktivitas kerja seorang *fitter*. Aktor atau peraga tersebut akan melakukan gerakan mengikuti gerakan video *fitter* yang sudah direkam sebelumnya pada saat proses observasi lapangan. Hal tersebut dilakukan karena hasil dari data latih tersebut akan dijadikan menjadi sebuah standar atau patokan yang digunakan untuk data-data selanjutnya. Data latih didapatkan dari *sample* pekerja *fitter* sebanyak 3 orang untuk masing-masing data latih. Kemudian dari data tersebut

nantinya akan didapatkan nilai maksimum dan nilai minimum pada setiap sumbu untuk masing-masing modul sensor. Selain itu juga akan didapatkan nilai rata-rata dari masing-masing peraga atau aktor yang melakukan gerakan kegiatan atau aktivitas kerja untuk setiap sumbu koordinat.

Data validasi merupakan data yang digunakan untuk memvalidasi data. Data validasi diambil pada seorang peraga selain peraga yang digunakan untuk mencari data latih. Sehingga data validasi dapat digunakan untuk mencoba keakuratan sistem yang dibuat. Selain itu data validasi juga digunakan untuk menentukan hal-hal apa saja yang dapat mempengaruhi tingkat keakuratan sistem yang telah dibuat. Proses pengambilan data dilakukan seperti pada Gambar 3.9 sebagai berikut.



Gambar 3.9 Flowchart Pengambilan Data

3.4.10 Analisa Data

Tahap ini merupakan tahap untuk melakukan analisa terhadap data yang didapatkan dari modul sensor yang digunakan. *Output* data dapat dijadikan menjadi grafik yang akan menjadi *patern* (pola) dari suatu kegiatan. Selain itu juga dapat dianalisa untuk sumbu yang dominan ketika *fitter* melakukan kegiatan atau aktivitas kerja. Melakukan perhitungan untuk menentukan nilai MSE (*Mean Squared Error*) dari setiap data yang didapatkan dari modul sensor yang digunakan. Nilai tersebut digunakan untuk mengetahui alat dan sistem aplikasi yang dirancang dapat digunakan untuk melakukan *monitoring* terhadap kinerja *fitter* atau tidak. Melalui nilai tersebut dapat digunakan untuk *me-recognize* (mengenal) setiap kegiatan atau aktivitas kerja yang dilakukan oleh *fitter*.

3.4.11 Simulasi

Tahap simulasi dilakukan untuk mengetahui apakah alat dan sistem yang dirancang dapat digunakan untuk melakukan *monitoring* kinerja. Artinya alat dan sistem yang dibuat dapat *me-recognize* (mengenal) bahwa *fitter* sedang melakukan suatu kegiatan kerja. Hal ini akan dibuktikan dengan nilai MSE (*Mean Squared Error*) dari data simulasi. Perbandingan nilai MSE yang digunakan untuk mengetahui apakah alat dan sistem aplikasi yang dirancang dapat digunakan untuk melakukan proses *monitoring* kinerja.

3.4.12 Penyusunan Laporan Akhir

Pada tahap ini akan dibahas mulai dari awal sampai akhir penelitian. Semua hal yang dilakukan selama penelitian akan tersusun secara sistematis dan rapih dalam bentuk buku Laporan Akhir.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

AKTIVITAS PEKERJAAN *FITTER*

4.1 Pendahuluan

Pengamatan atau observasi adalah aktivitas terhadap suatu proses atau objek dengan maksud untuk memahami pengetahuan dari sebuah fenomena berdasarkan pengetahuan dan gagasan yang sudah diketahui sebelumnya, untuk mendapatkan informasi-informasi yang dibutuhkan untuk melanjutkan suatu penelitian. Pengamatan atau observasi yang dilakukan adalah dengan melakukan pengamatan secara langsung di lapangan. Pengamatan dilakukan untuk mendapatkan data-data mengenai ruang lingkup pekerjaan (*scope of works*) seorang *fitter*. Selain itu pengamatan atau observasi dilakukan untuk menentukan lokasi peletakan sensor yang akan digunakan. Selanjutnya pengamatan atau observasi dilakukan untuk menentukan *hardware* dan *software* yang akan digunakan dalam penelitian ini. Tujuannya adalah untuk menentukan apakah *hardware* dan *software* yang digunakan sesuai dengan kondisi pada saat ini. Selain itu pengamatan atau observasi dilakukan pada sistem *monitoring* terhadap pekerja yang dilakukan saat ini. Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana sistem yang dilakukan untuk melakukan *monitoring* pekerja pada saat ini. Berikut merupakan hasil yang didapatkan dari pengamatan atau observasi yang dilakukan di PT. PAL Indonesia (persero) dan PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (persero).

4.2 Ruang Lingkup Pekerjaan (*Scope of Works*) *Fitter*

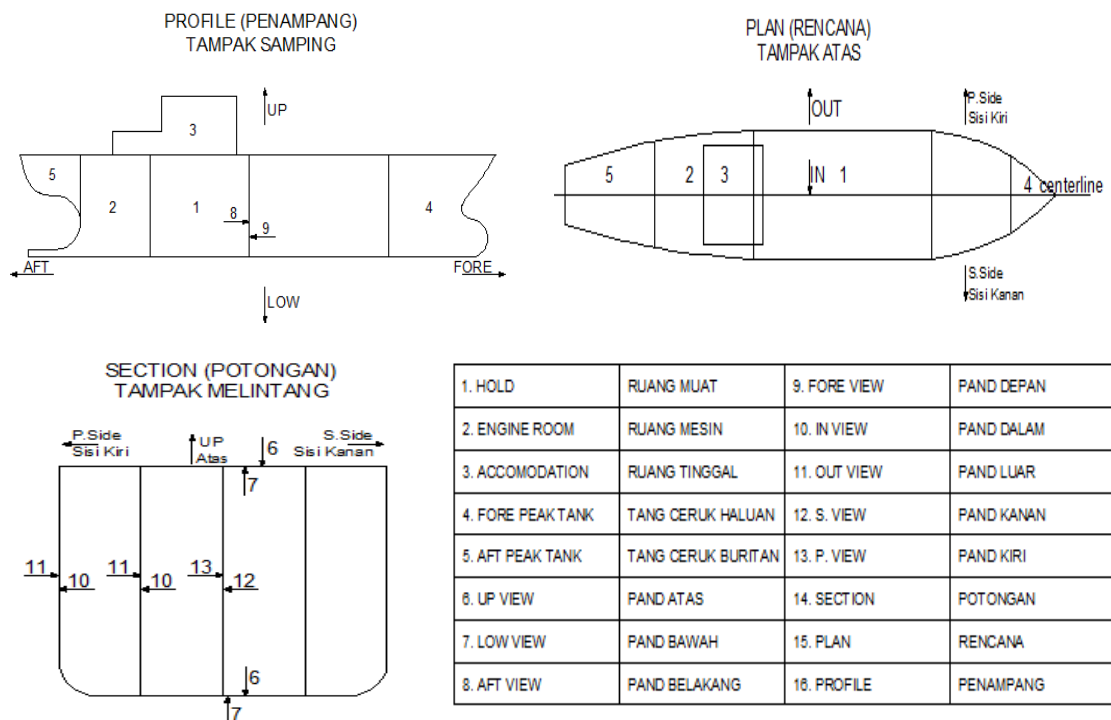
Suatu persyaratan yang biasanya berupa suatu dokumen formal yang menciptakan kriteria, metode, proses, dan praktik rekayasa atau teknis yang seragam untuk menghasilkan suatu hasil produksi yang maksimal. Standar diciptakan untuk menjadi sebuah pedoman dalam suatu proses kegiatan. Dalam hal ini seorang *fitter* diharuskan untuk melakukan suatu pekerjaan dengan memenuhi standar-standar yang telah ditentukan sebelumnya oleh suatu badan pembuat standar yang telah disetujui oleh para anggotanya. Adapun proses kegiatan yang dilakukan oleh seorang *fitter* yaitu hanya terlibat dalam proses fabrikasi, *assembly*, dan *erection* yang dalam ketiga proses tersebut mempunyai standar yang telah ditetapkan sebagai pedoman dalam pekerjaan. Seorang *fitter* dikatakan bekerja dengan benar jika memenuhi kriteria-kriteria dalam standar yang telah ditentukan.

4.2.1 Fabrication (Fabrikasi)

Fabrikasi merupakan tahap awal dari proses pembangunan kapal. Proses fabrikasi ini dikerjakan di bengkel fabrikasi dimana hasil produksi dari proses ini adalah komponen-komponen untuk bangunan baru kapal. Bagian dalam proses fabrikasi adalah *Hull Construction*, *Hull Outfitting*, dan *Machinery Outfitting*. Pada tahap inilah seorang *fitter* bekerja untuk melakukan proses *Marking* dan *Cutting*. Penjelasan dari masing-masing proses pekerjaan yang dilakukan oleh seorang *fitter* adalah sebagai berikut.

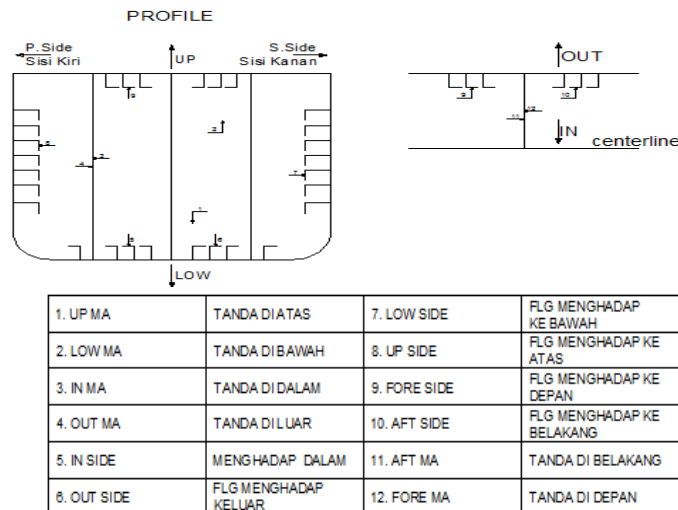
4.2.1.1 Marking (Penandaan)

Marking merupakan tahap pekerjaan pemberian tanda garis potong, nomor identifikasi, jarak lubang baut, diameter lubang baut, jumlah lubang baut, dan komponen-komponen lainnya yang tertera pada *marking list* (tabel yang berisi tentang daftar gambar komponen-komponen konstruksi). Dalam melakukan proses *marking* terdapat beberapa pandangan (penampang) yang biasanya digunakan yaitu *profile* (penampang) bagian tampak samping, *plan* (rencana) bagian tampak atas, dan *section* (potongan) bagian tampak melintang. Pandangan atau penampang tersebut nantinya akan membantu *cutter* (tukang potong) dalam membaca gambar atau hasil *marking*, sehingga dapat menghindari dari kesalahan potong dan tidak menimbulkan kerugian seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pandangan/Penampang *Marking*
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

Dalam proses *marking* juga terdapat beberapa cara, yaitu: *Low-Ma* (*marking* bagian bawah material), *Up-Ma* (*marking* pada bagian atas material), *In-Ma* (*marking* pada bagian dalam material), *Out-Ma* (*marking* pada bagian luar material), *Fore-Ma* (*marking* pada bagian depan material), dan *After-Ma* (*marking* pada bagian belakang material). Cara-cara tersebut merupakan tempat melakukan *marking* pada material seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Cara-cara *Marking*
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

Selain cara-cara tersebut juga terdapat simbol yang biasanya digunakan dalam melakukan *marking* seperti pada Gambar 4.3. Simbol dalam *marking* berfungsi untuk memberikan informasi kepada *cutter* dalam melakukan pemotongan. Selain itu simbol tersebut juga berfungsi untuk memberikan perintah kerja kepada *cutter* supaya tidak terjadi kesalahan dalam melakukan pemotongan.

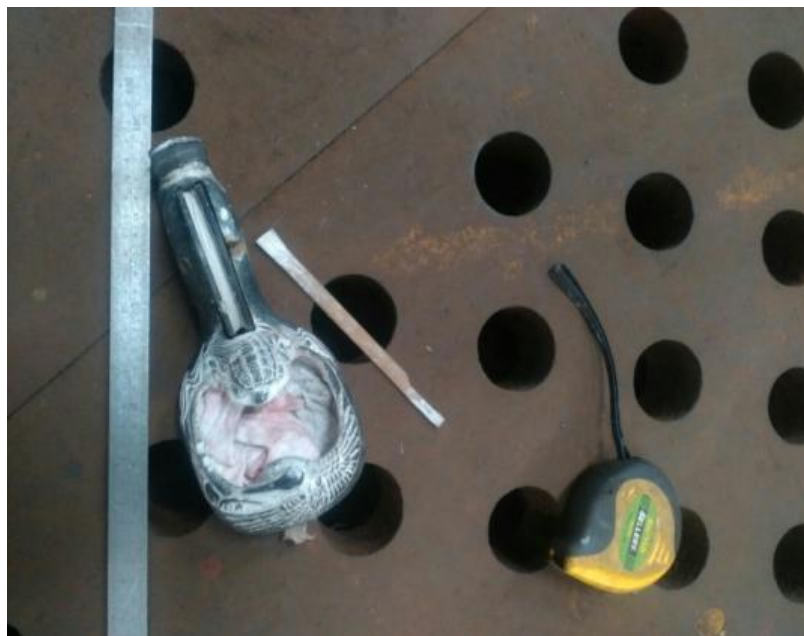
| SIMBOL | KETERANGAN | SIMBOL | KETERANGAN |
|--------|---|--------|--|
| | Thickness Line Garis Ketealan | | Center Line Garis Hati |
| | Bevel to Marking Kampuh Terhadap Marking | | Frame Line Garis Gading |
| | Back Bevel to Marking Kampuh Kebalikan Marking | | Radius End Batas Akhir Lengkungan |
| | 30 Back Di Serong 30 (Bag. Punggung Angle) | | Stiffner End Ujung Akhir Penegar |
| | 30 Stomach Di Serong 30 (Bag. Perut Angle) | | Knuckle Line Batas Tekukan |
| | Slot Welding Lubang Las | | Lines Cutt Batas Potong |
| | Water Seal Penyetopan Air | | Joint Line Sambungan |
| | Double Position Posisi Bolak Balik | | Fitting Angle Sudut Pemasangan |
| | One Position Hanya Satu Posisi | | Dimension of Stiff End Ukuran Ujung Penegar |
| | | | Opposite Posisi Kebalikan |

Gambar 4.3 Simbol *Marking*
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

Proses *marking* dibagi menjadi 2 proses kegiatan yaitu:

1. **Marking Lurus**

Proses *marking* lurus dilakukan sesuai dengan gambar produksi yang telah dikeluarkan. Setelah pelat keluar dari gudang penyimpanan biasanya pelat sudah dalam kondisi telah dilakukan proses *preparation*. Artinya pelat sudah dalam kondisi yang lurus karena pelat sudah dilakukan *straightening* atau pelurusan dengan menggunakan mesin *roll* sehingga pelat tidak melengkung. Pertama yang dilakukan dalam proses *marking* adalah melakukan pengecekan terhadap pelat apakah pelat tersebut dalam keadaan siku atau tidak. Caranya adalah dengan menggunakan teori *phytagoras* dalam matematika. Setelah pelat tersebut dipastikan lurus langkah selanjutnya adalah melakukan *marking* lurus dengan membagi lembaran pelat sesuai dengan jarak gading pada konstruksi kapal. Apabila pelat tersebut tidak dalam keadaan siku maka harus membuat lembaran pelat yang akan digunakan tersebut dalam keadaan siku dengan cara meluruskan pemotongan pada setiap sisi pelat tersebut dengan melakukan *marking* lurus. Selain itu *marking* lurus juga dilakukan pada gambar-gambar konstruksi lurus tanpa sudut lengkungan. *Marking* lurus bisa dilakukan dengan menggunakan mistar lurus atau dapat juga menggunakan benang sipatan.



Gambar 4.4 Alat *Marking* Lurus

Pelaksanaan *marking* lurus dilakukan dengan sipatan menggunakan benang yang telah dilumuri dengan tinta kapur putih sebagai penanda seperti pada Gambar 4.4. Melakukan sipatan dapat dilakukan sendirian atau dua orang. Sipatan yang dilakukan sendirian dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan magnet yang berfungsi sebagai penahan ujung benang

yang satu sedangkan ujung benang lainnya digunakan oleh *marker* untuk melakukan sipatan seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Alat Bantu *Marking* Lurus

Tujuan melakukan siku pada lembaran pelat yang akan digunakan adalah untuk mempermudah dalam pelaksanaan *marking* gambar konstruksi yang akan dibuat. Dalam pelaksanaannya terdapat 2 posisi dalam melakukan *marking* lurus yang dilakukan oleh *fitter* yaitu posisi membungkuk dan berjongkok. Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 merupakan contoh pelaksanaan kegiatan *marking* (penandaan) dalam posisi berjongkok dan membungkuk yang dilakukan di PT. PAL Indonesia (persero) oleh seorang *fitter*.



Gambar 4.6 Proses *Marking* Lurus Posisi Berjongkok



Gambar 4.7 Proses *Marking* Lurus Posisi Membungkuk

2. *Marking* Belok

Proses *marking* belok merupakan proses *marking* yang dilakukan dengan membuat garis lengkung dengan nilai sudut tertentu dengan mengikuti gambar produksi yang telah dibuat sebelumnya sebagai pedoman dalam membuat garis. Membuat lengkung garis dalam lembaran pelat dilakukan dengan menggunakan bantuan mall lengkung yang biasanya menggunakan potongan bambu panjang seperti pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Alat Bantu *Marking* Belok

Marking belok ini tidak bisa dilakukan sendiri karena membutuhkan orang lain untuk membantu memegang mall bambu tersebut supaya tidak berubah saat dilakukan *marking*.

Apabila garis lengkung yang panjang maka dibutuhkan setidaknya 2 orang untuk membantu memegang mall bambu tersebut. Tinta atau tanda garis yang digunakan dalam proses *marking* ini sama dengan proses *marking* yang lainnya yaitu tinta kapur putih. Dalam pelaksanaannya terdapat 2 posisi dalam melakukan *marking* belok yaitu posisi membungkuk dan berjongkok seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Proses *Marking* Belok Posisi Berjongkok

4.2.1.2 *Cutting* (Pemotongan)

Cutting adalah proses pemotongan material yang telah dilakukan *marking*. Dalam proses pemotongan banyak faktor yang mempengaruhi hasil pemotongan, misalnya operator mesin dan mesin pemotong yang digunakan. Keahlian operator sangat berperan penting dalam menentukan kualitas hasil potongan. Selain keahlian operator pemotong, mesin pemotong juga sangat berpengaruh dalam hasil potongan. Setiap mesin pemotong mempunyai fungsi yang berbeda dalam penggunaannya. Mesin potong dibagi menjadi 2 (dua) yaitu mesin potong manual dan mesin potong otomatis (*automatic*). Berikut merupakan penjelasan mesin pemotong dan fungsinya serta pelaksanaan dalam penggunaannya.

1. Skator

Skator merupakan salah satu jenis mesin alat pemotong yang mempunyai 3 sampai 4 roda yang digunakan untuk membantu operator mesin dalam mengoperasikannya. Selain itu skator juga bisa dilengkapi dengan rel yang dapat memudahkan dalam melakukan pemotongan lurus. Skator merupakan alat potong *portable* oksi-asetilin dengan gas asetilin dan oksigen bertekanan sebagai alat potongnya seperti pada Gambar 4.10. Selain dapat melakukan potongan lurus, skator juga dapat digunakan untuk melakukan pemotongan belok karena

terdapat roda belakang yang *portable* sehingga dapat belok sesuai dengan garis potong. Hasil pemotongan ini sangat tergantung pada kemampuan operator mesin skator tersebut.

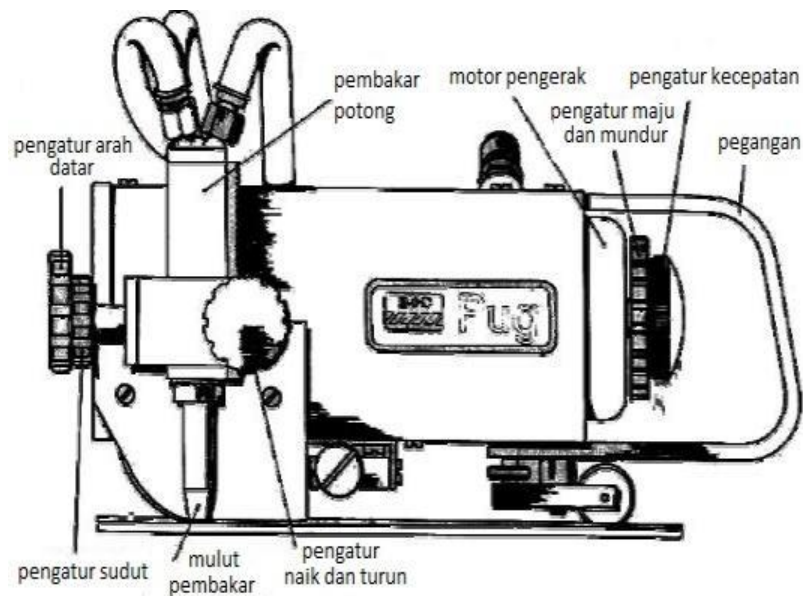


Gambar 4.10 Mesin Potong Skator

Pelaksanaan pemotongan menggunakan mesin potong skator dilakukan dengan mengatur arah mendatar untuk pengaturan mulut *nozel* pada garis yang akan dipotong, juga pengaturan tegak atau pengaturan sudut/miring juga harus diperhatikan juga untuk mengatur jarak inti nyala terhadap permukaan bahan yang akan dipotong. Langkah berikutnya adalah mengatur kecepatan potong baik arah maju atau arah mundur. Adapun langkah dalam melakukan pemotongan adalah sebagai berikut.

1. Bersihkan permukaan benda kerja yang akan dipotong, untuk menghindari penyumbatan *nozel*.
2. Pasanglah sistem roda gigi penggerak sesuai dengan arah pemotongan yang dikehendaki, sistem ini menjamin kestabilan proses pemotongan.
3. Tempatkan/posisikan mesin potong dengan posisi tegak (vertikal), horizontal atau miring (seperti memotong pipih) sesuai dengan arah pemotongan.
4. Gesekan kopling (*clutch*) yang sesuai dengan arah pemotongan.
5. Nyalakan pembakar dan atur nyala apinya yang sesuai dengan dikehendaki.
6. Panaskan pinggiran benda kerja yang akan digunakan sebagai awal pemotongan dengan pemanas pendahuluan sehingga berwarna merah terang.

Gambar 4.16 merupakan bagian-bagian alat skator yang digunakan untuk melaksanakan proses *cutting* (pemotongan).



Gambar 4.11 Bagian-bagian Mesin Potong Skator
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

Mesin pemotong skator dapat dilakukan untuk melakukan pemotongan lurus, belok, serta membentuk lingkaran. Pemotongan lurus dengan menggunakan mesin pemotong skator bisa dilakukan secara langsung atau juga dapat menggunakan rel bantu. Posisi operator dalam melakukan pemotongan dengan menggunakan mesin skator adalah berjongkok seperti pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13.



Gambar 4.12 Proses *Cutting* Lurus dengan Skator Tanpa Rel Posisi Berjongkok



Gambar 4.13 Proses *Cutting* Lurus dengan Skator Rell Posisi Berjongkok

Pelaksanaan pemotongan belok dengan menggunakan skator dapat dilakukan oleh *cutter* (pemotong) yang mempunyai kemampuan untuk melakukannya. Proses pemotongan dilakukan secara manual oleh operator mesin potong seperti pada Gambar 4.14. Kemampuan operator mesin skator akan mempengaruhi hasil potong yang dihasilkan. Selain itu mesin pemotong skator juga dapat melakukan pemotongan lingkaran dengan jari-jari lebih dari 200 mm. Pemotongan lingkaran dapat dilakukan dengan menambahkan sebuah tuas yang dihubungkan dengan penitik yang difungsikan sebagai pusat lingkaran.



Gambar 4.14 Proses *Cutting* Belok dengan Skator Posisi Berjongkok

2. *Handy Auto*

Alat pemotong *handy auto* merupakan salah satu alat potong manual yang termasuk ke dalam *portable* oksi-asetilin yang berfungsi untuk melakukan potongan lingkaran secara manual dengan hasil potong yang halus seperti pada Gambar 4.15. Pemotongan lingkaran dapat dilakukan hingga jari-jari < 200 mm, karena alat ini dilengkapi dengan sebuah tuas yang dihubungkan dengan penitik yang difungsikan sebagai pusat lingkaran.



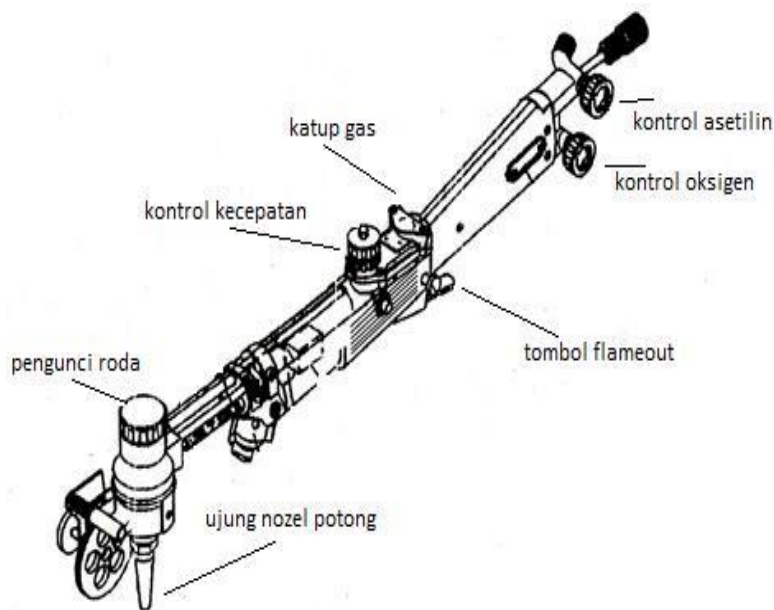
Gambar 4.15 Mesin Potong *Handy Auto*

Pelaksanaan pemotongan menggunakan mesin *handy auto* dilakukan dengan memasang peralatan pendukung seperti regulator, silinder gas, dan selang gas pada mesin *handy auto*. Pastikan pemasangan dengan benar supaya tidak terjadi kebocoran yang dapat menyebabkan nyala balik. Buka keran pada regulator untuk mengalirkan gas dari silinder menuju mesin *handy auto* yang akan digunakan. Adapun langkah pemotongan menggunakan mesin *handy auto* adalah sebagai berikut.

1. Membuka keran pada regulator pada setiap silinder gas yang digunakan, yaitu silinder gas oksigen dan asetilin. Terdapat masing-masing 2 *gauge* atau jarum penunjuk tekanan gas. *Gauge* sebelah kanan menunjukkan tekanan gas yang berada di dalam silinder gas, sedangkan *gauge* sebelah kiri menunjukkan tekanan yang keluar dari silinder gas.
2. Memutar knob pada regulator untuk mengatur tekanan yang keluar dari silinder gas. Putar searah dengan jarum jam untuk menaikkan tekanan dan sebaliknya untuk menurunkan tekanan. Besar kecilnya tekanan yang digunakan sangat bergantung pada material pelat yang akan dipotong.

3. Memutar knob/keran asetilin pada mesin *handy auto* kemudian nyalakan dengan menggunakan pemantik api. Setelah api menyala buka perlahan-lahan sampai terlihat asap berwarna hitam keluar dari ujung *nozel handy auto*.
4. Selanjutnya adalah membuka knob/keran gas oksigen pada mesin *handy auto* secara perlahan sampai mendapatkan nyala api yang netral (api kecil berwarna biru bersih).
5. Mesin pemotong *handy auto* siap untuk digunakan.

Gambar 4.16 merupakan bagian-bagian alat *handy auto* yang digunakan untuk melaksanakan proses *cutting* (pemotongan).



Gambar 4.16 Bagian-bagian Mesin Potong *Handy Auto*
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

Mesin *handy auto* dapat digunakan untuk melakukan pemotongan lurus, akan tetapi hasil pemotongan tidak maksimal karena *handy auto* hanya memiliki satu roda sehingga pada saat melakukan pemotongan tidak stabil. Mesin *handy auto* berfungsi untuk melakukan pemotongan lingkaran dengan diameter yang kecil. Mesin ini dapat melakukan pemotongan lingkaran dengan diameter < 200 mm. Posisi dalam menggunakan mesin *handy auto* adalah berjongkok.

3. *Blander Machine* (Mesin Blander)

Mesin blander potong merupakan salah satu mesin potong manual *portable* oksi-asetilin yang dapat digunakan dalam segala posisi pemotongan yang ditunjukkan pada Gambar 4.17. Prinsip kerja mesin blander potong yaitu dengan mencampurkan antara gas oksigen dan gas asetilin kemudian membakarnya sampai terbentuk nyala api pada ujung *nozel*. Mesin blander

potong dapat digunakan untuk melakukan segala jenis pemotongan, baik itu merupakan pemotongan lurus, belok, maupun lingkaran.

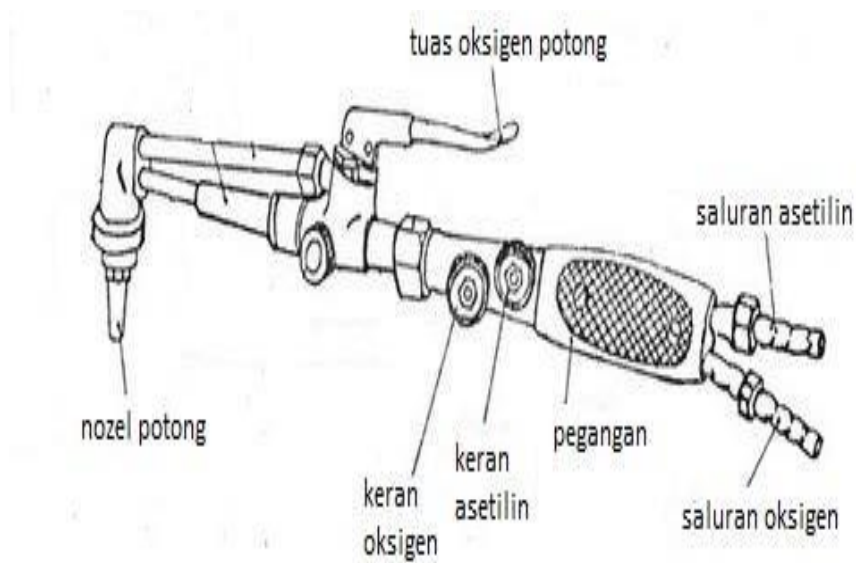


Gambar 4.17 Mesin Potong Blander

Mesin blander potong membutuhkan peralatan pendukung seperti silinder gas yaitu gas oksigen dan gas asetilin, regulator, serta selang gas. Mempunyai prinsip yang sama seperti mesin potong yang lainnya untuk pemasangan silinder gas dengan mesin blander yang digunakan. Pastikan tidak terjadi kebocoran gas yang dapat menimbulkan nyala balik. Adapun langkah pemotongan menggunakan mesin blander potong adalah sebagai berikut.

- a. Membuka katup pada silinder gas asetilin secara perlahan-lahan, kemudian mengatur handel pada regulator.
- b. Membuka katup pada silinder gas oksigen dan atur handel pada regulator.
- c. Memperhatikan selang gas supaya tidak mengganggu akses jalan dalam bekerja.
- d. Membuka keran gas asetilin pada blander dan jika sudah terdapat gas yang keluar maka selanjutnya adalah menyalakan blander dengan pemantik api pada ujung *nozel* potong.
- e. Setelah api pada ujung *nozel* potong menyala selanjutnya adalah membuka keran gas oksigen pada blander secara perlahan sampai mendapatkan nyala api yang netral (api kecil berwarna biru bersih).
- f. Mengatur gas oksigen dan asetilin pada keran blander sesuai dengan keperluan.

Hasil pemotongan dengan menggunakan mesin blander sangat bergantung pada operator mesin blander. Hal inilah yang menyebabkan mesin blander hanya digunakan untuk *cutting* jika dalam keadaan yang mendesak atau tidak memungkinkan menggunakan mesin potong yang lainnya. Gambar 4.18 merupakan bagian-bagian alat potong mesin blander.



Gambar 4.18 Bagian-bagian Mesin Blander Potong
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

Pelaksanaan pemotongan menggunakan mesin blander dapat dilakukan dalam beberapa posisi pemotongan yaitu, pemotongan posisi datar, posisi horizontal, posisi vertikal, dan posisi *overhead*. Operator mesin ini dalam penggunaanya dapat melakukan dengan beberapa posisi gerakan diantaranya adalah posisi berdiri, membungkuk, setengah berjongkok, dan berjongkok seperti pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20.



Gambar 4.19 Proses *Cutting* dengan Mesin Blander Posisi Berjongkok



Gambar 4.20 Proses *Cutting* dengan Mesin Blander Posisi Membungkuk

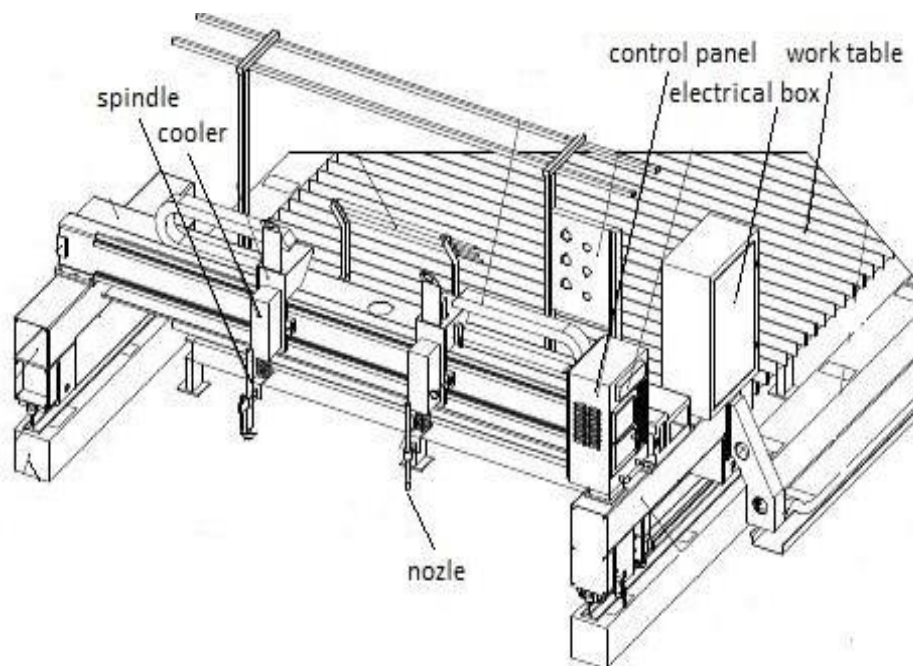
4. Mesin Potong CNC (*Computer Numerical Control*)

Mesin pemotong dengan menggunakan CNC (*Computer Numerical Control*) merupakan sebuah sistem pemotong otomatis yang dapat dioperasikan oleh perintah yang diprogram sebelumnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.21. Prinsip kerja mesin ini adalah pemrogram membuat program CNC sesuai dengan produk yang akan dibuat dengan menggunakan perangkat lunak pemrograman mesin atau dengan melakukan pengetikan secara langsung. Program CNC yang telah dibuat atau dimasukkan tersebut selanjutnya akan dikirim dan dieksekusi oleh prosesor pada mesin CNC hingga menghasilkan produk yang sesuai dengan program.

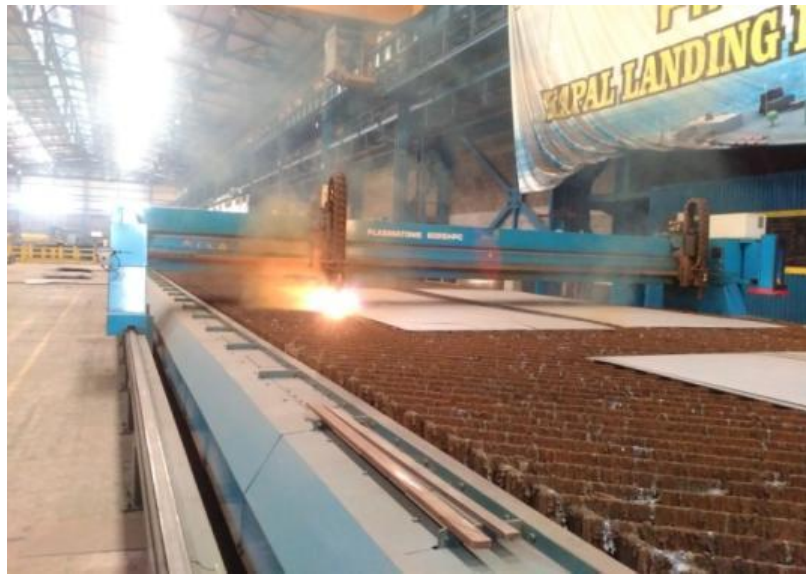


Gambar 4.21 Mesin Potong CNC

Pelaksanaan pemotongan dengan menggunakan mesin CNC mempunyai proses yaitu suatu gas *invert* ditiup dengan kecepatan yang tinggi dari *nozel*, dan pada saat yang sama busur listrik terbentuk melalui gas dari *nozel* ke permukaan yang akan dipotong, kemudian sebagian gas itu berubah menjadi plasma panas untuk mencairkan logam dan bergerak sehingga logam terpotong. Dalam proses penggunaan mesin CNC *cutting* juga terdapat kelebihan diantaranya tingkat kecepatan potong yang cepat, hal ini tentu mempengaruhi ketelitian dalam memotong jika dibandingkan dengan pemotongan metoda lain. Kemudian kelebihan yang lainnya adalah tidak memerlukan cetakan, tidak terjadi kontak antara benda kerja dan mesin, dan dapat memotong plat hingga ketebalan 10 mm atau tertentu berdasarkan spesifikasi mesin. Penggunaan mesin CNC *cutting* juga membuat biaya produksi lebih hemat dan efektif. Pelaksanaan pemotongan menggunakan mesin CNC dilakukan oleh operator mesin potong yang mengerti mengenai pemrograman CNC. Tugas dari seorang operator mesin CNC adalah bertanggung jawab atas semua yang berkaitan dengan mesin potong tersebut. Melakukan pemeriksaan mesin sebelum dan sesudah digunakan, melakukan pemeriksaan *coolant* atau pendingin mesin secara berkala, mengendalikan program *maintenance* (pemeliharaan) mesin seperti memastikan mesin potong bekerja dengan baik dan kebersihan mesin terjamin. Gambar 4.22 merupakan bagian-bagian alat potong mesin CNC (*Computer Numerical Control*)



Gambar 4.22 Bagian-bagian Mesin Potong CNC
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)



Gambar 4.23 Proses *Cutting* dengan Mesin CNC

Gambar 4.23 merupakan proses pelaksanaan *cutting* dengan mesin CNC (*Computer Numerical Control*). Terdapat beberapa peralatan pendukung selain mesin potong yang digunakan seperti silinder oksigen yang berisi gas oksigen, silinder asetilin yang berisi gas asetilin, regulator silider gas, dan juga terdapat selang potong. Peralatan pendukung tersebut merupakan satu kesatuan mesin potong yang digunakan dalam melakukan pemotongan (*cutting*). Setiap alat potong yang digunakan memerlukan peralatan pendukung yang dipasang pada mesin potong sebagai berikut.

a. Silinder Gas

Silinder gas adalah tabung menyerupai botol dibuat dari baja untuk menyimpan dan mengangkut gas. Isi gas dalam silinder bermacam-macam mulai dari 3500, 5000, 6000, 7000 liter dan seterusnya. Pada bagian atas silinder terdapat kran/katup untuk mengisi atau mengeluarkan gas. Apabila silinder gas tidak digunakan hendaknya ditutup supaya katup tetap bersih dan aman. Pada dinding silinder biasanya tedapat keterangan jenis gas, tanggal pengisian, dan tahun pemeriksaan. Terdapat dua silinder gas yang digunakan sebagai alat pendukung mesin *cutting* yang digunakan.

- Silinder Oksigen

Silinder oksigen dibuat sesuai keperluan, yaitu menyimpan oksigen dengan tekanan maksimum 150 kg/cm^2 maka isi oksigen adalah $40 \times 150 = 6000$ Liter. Pada katup silinder terdapat ulir penghubung antara silinder dengan regulator. Cara menghubungkannya dengan memasukan baut penghubung regulator pada katup silinder, kemudian diputar kearah kanan atau searah dengan jarum jam.

- Silinder Asetilin

Di dalam silinder asetilin berisi bahan yang berpori seperti asbes kapas, sutera yang berfungsi menyerap aseton digunakan untuk menyimpan gasasetilin. Aseton adalah suatu zat dimana asetilin dapat larut dengan baik di bawah tekanan pengaruh asetilin pada silinder. Bahan berpori tersebut diisikan sekitar 25% dan dapat menyerap aseton 350 Liter asetilin.

- b. Regulator

Regulator merupakan alat pendukung yang berfungsi sebagai alat pengatur tekan. Selain itu fungsi dari regulator adalah sebagai berikut.

- Mengetahui isi tekanan silinder
- Mengatur tekanan isi menjadi tekanan kerja
- Mengetahui tekan kerja
- Menjaga tekanan kerja agar tetap (konstan) meskipun tekanan isi berubah-ubah
- Mengamankan silinder, apabila terjadi nyala balik.

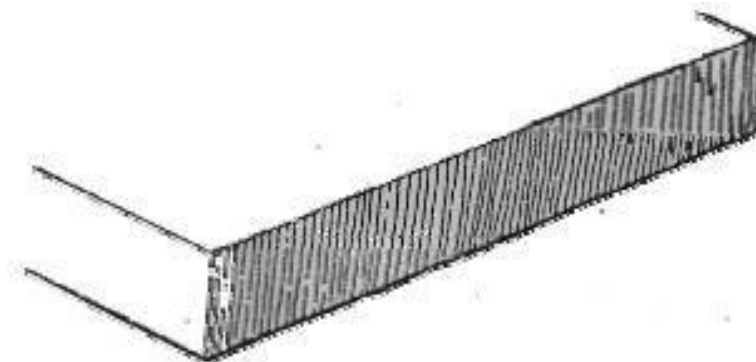
- c. Selang Potong

Selang potong berfungsi untuk menyalurkan gas dari silinder gas. Selang ini tahan terhadap tekanan tinggi tetapi lemas atau tidak kaku. Selang oksigen biasanya berwarna hitam atau hijau (biru). Pada ujung-ujung selang oksigen terdapat mur penguat ulir kanan. Fungsi mur pengatur pada kedua ujung selang tersebut adalah untuk mengikat regulator.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas potong adalah kecepatan potong, jarak *nozel*, tekanan oksigen dan nyala panas, selanjutnya dapat dipahami seperti pada bentuk potongan berikut.

- a. Bidang potong baik

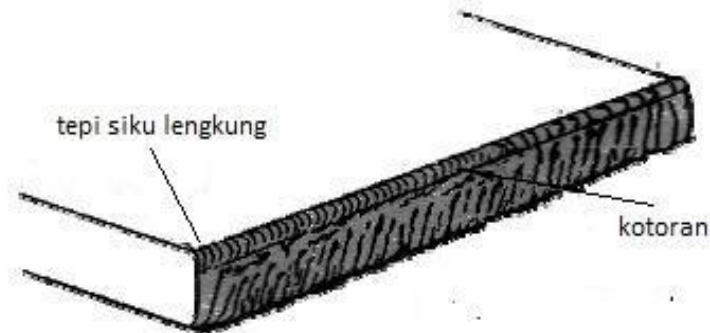
Bentuk bidang potong tajam dan bersih, membentuk garis lurus, sisi potong halus sisa kotoran mudah dibersihkan seperti pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Pemotongan Betul
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

b. Kecepatan terlalu rendah.

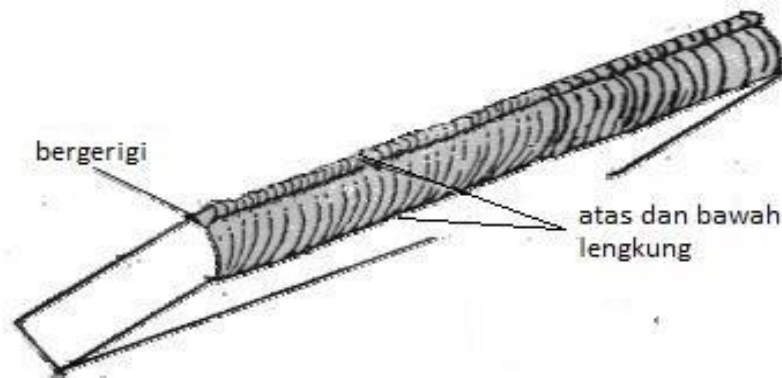
Tepi atas bidang potong lengkung oleh cairan dan bagian bawah kasar serta kotoran sulit dibersihkan seperti pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Kecepatan Potong Terlalu Rendah
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

c. Kecepatan terlalu tinggi.

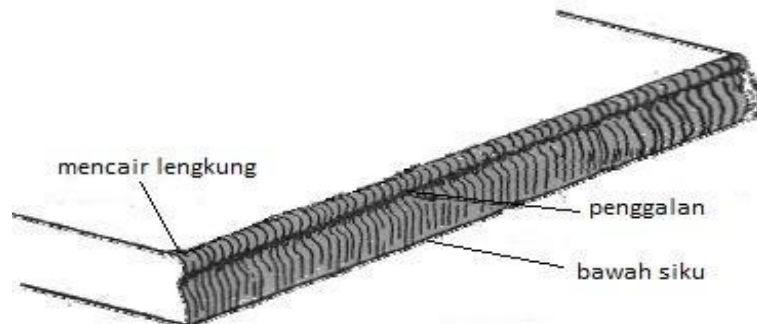
Tepi atas bidang potong tidak tajam dan juga bergerigi seperti pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Kecepatan Potong Terlalu Tinggi
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

d. Jarak *nozel* terlalu tinggi.

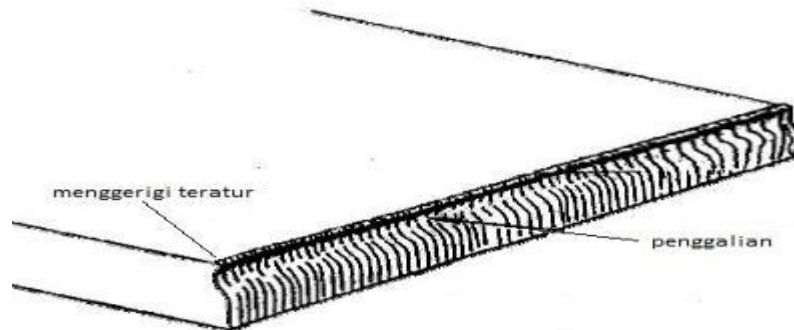
Pada bidang potong terjadi pembulatan dan pencairan pada puncak berlebihan seperti pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Jarak *Nozel* Terlalu Tinggi
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

- e. Tekanan oksigen terlalu tinggi.

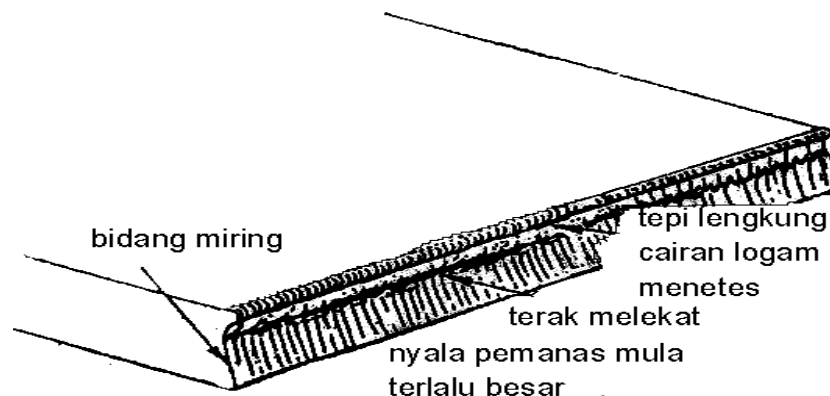
Pada tepi bidang potong mempunyai gerigi-gerigi yang teratur terdapat takikan lebar pada puncak dengan penggalan ke bawah seperti pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Tekanan Oksigen Terlalu Tinggi
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

- f. Nyala panas mula terlalu besar.

Nyala panas mula terlalu besar menyebabkan tepi atas mencair dan menjadi lengkung, terdapat takikan tirus mulai dari bawah tepi atas sampai ke dasar bidang potong seperti pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Nyala Panas Mula Terlalu Besar
(Sumber: PT. PAL Indonesia, 2014)

4.2.2 Assembly Fit-Up (Perakitan)

Proses *assembly* merupakan tahapan selanjutnya dari proses fabrikasi. Proses *assembly* merupakan proses yang dilakukan dengan melakukan perakitan atau penggabungan komponen-komponen yang merupakan hasil dari proses fabrikasi. Proses perakitan atau penggabungan tersebut akan menghasilkan sebuah *block* atau *section block* yang merupakan bagian dari konstruksi yang diinginkan. Sedangkan proses *fit-up* merupakan proses penyesuaian komponen-komponen yang telah di-*assembly* untuk disesuaikan dengan gambar *drawing*. Penyesuaian ini dilakukan untuk menghindari *miss-alignment*. Untuk proses *assembly* dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut.

4.2.2.1 *Assembly Piece Part to Piece Part (Sub Assembly)*

Sebelum melakukan *assembly* sebelumnya adalah proses *sub-assembly* yang merupakan turunan proses dari *assembly*. Proses *sub-assembly* merupakan proses merakit atau menggabungkan komponen dalam bentuk *piece part* menjadi sebuah *panel* seperti pada Gambar 4.30. *Piece part* merupakan hasil dari proses fabrikasi yang telah siap untuk dilakukan proses selanjutnya. Proses *sub assembly* terdiri dari perakitan atau penggabungan (*fit-up*) dan pengelasan (*welding*). Dalam proses ini seorang *fitter* bekerja untuk merakit atau menggabungkan dengan cara melakukan *tag weld* atau las titik antara komponen-komponen yang akan dirakit. Setelah dilakukan *fit-up* langkah selanjutnya adalah melakukan pengelasan (*welding*) yang dilakukan oleh seorang *welder*.



Gambar 4.30 *Assembly Piece Part to Piece Part*

4.2.2.2 *Assembly Panel to Panel (Assembly)*

Proses *assembly* merupakan proses merakit atau menggabungkan *panel* menjadi sebuah *block* seperti pada Gambar 4.31. Proses *assembly* merupakan salah satu proses yang dikerjakan oleh seorang *fitter*. Sama halnya pada saat proses *sub assembly*, *fitter* akan melakukan *fit-up* terhadap komponen-komponen dalam bentuk *panel* untuk dirakit atau digabungkan menjadi sebuah *block* atau *section block*.



Gambar 4.31 *Assembly Panel to Panel*

Tahapan *assembly* terdiri dari beberapa tahapan yang harus dilakukan mulai dari persiapan samapi dengan pelaksanaannya. Berikut merupakan tahapan dalam pelaksanaan *assembly*.

1. Persiapan JIG

Pada proses ini dilakukan pembuatan pondasi untuk sebuah blok yang digunakan membantu pengerjaan pada proses *assembly* sampai menjadi sebuah blok.

2. *Scantlings Check*

Pada proses ini, dilakukan pengukuran dimensi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keselarasan keadaan aktual dengan gambar. Selain itu, proses ini juga untuk mempermudah pada persiapan *joint erection*. Pengukuran ini dibantu dengan menggunakan alat *rollmeter* sepanjang 50 m.

3. Penyambungan (*Fit-Up*)

Perakitan dilakukan dengan melakukan *tag weld* atau las titik antara *panel* satu dengan yang lain untuk kemudian dilakukan pengelasan (*welding*) oleh seorang *welder*. Pelaksanaan proses *tag weld* atau las titik dilakukan dengan proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)..

4. Pengecekan Hasil Pengelasan

Proses ini merupakan bagian dari tugas QA-QC. Dalam hal ini, dilakukan pengecekan yaitu apakah pengelasan dilakukan sesuai aturan *class* atau tidak.

4.2.2.3 Assembly Block to Block (Erection)

Proses *erection* merupakan pekerjaan terakhir dalam pembuatan badan kapal. Proses ini melakukan penyambungan antar *block (section)* satu dengan *block (section)* yang lainnya dari bagian kapal antar *block* yang sebelumnya telah dikerjakan pada proses *assembly* seperti pada Gambar 4.32. Tugas seorang *fitter* adalah melakukan penyambungan bagian antar *block section* untuk menjadi lambung. Penyambungan dilakukan dengan melakukan *tag weld* atau las titik sama seperti pada proses *assembly* hanya saja komponen yang dilakukan perakitan atau penggabungan adalah antar *block*.



Gambar 4.32 Assembly Block to Block

Secara teori tahap *erection* mempunyai beberapa metode yang bisa digunakan dalam pelaksanaannya. Metode dalam melakukan *erection* terdiri dari beberapa metode sebagai berikut.

1. Metode Seksi Assembly

Metode ini difokuskan pada pengembangan *erection* pada arah vertikal dan penurunan ditetapkan untuk satu blok dari dasar ke *upper deck*. Metode ini dilakukan dengan melakukan *erection* pada arah yang melintang yang dimulai dari *bottom section* sampai pada *upper deck*. Hal ini mempunyai kelebihan diantaranya adalah pelaksanaan *grand assembly* dari *block* yang dikerjakan di darat akan menjadi lebih mudah dan dapat diharapkan terjadinya peningkatan efisiensi yang tinggi, karena adanya derajat keselamatan kerja yang tinggi. Akan tetapi pelaksanaan metode ini juga mempunyai

kelemahan di antaranya adalah beban kerja tidak bisa disamaratakan karena tidak memungkinkan adanya waktu kosong dalam pembangunan kapal sehingga pekerjaan yang campur aduk akan sering terjadi yang dapat menimbulkan pengaruh buruk pada lingkungan kerja. Selain itu akan terjadi naik turun dalam distribusi pekerjaan untuk para pekerja karena pembuatan kapal secara melintang akan banyak menimbulkan variasi pekerjaan.

2. Metode Berlapis (*Layered Method*)

Metode ini difokuskan pada perakitan pada arah memanjang dari blok permulaan, sehingga perakitannya dimulai dari blok dasar (*bottom*). Metode inilah yang sekarang banyak digunakan karena memiliki banyak kelebihan di antaranya adalah pembagian beban kerja yang teratur karena metode ini sangat efektif untuk perakitan awal yang relatif melibatkan jumlah pekerja yang lebih besar. Selain itu lingkungan kerja yang baik karena relatif sedikit variasi pekerjaan yang dilakukan. Melakukan pembagian block section menjadi beberapa bagian dengan tujuan untuk melakukan proses secara bersama dalam satu waktu dengan tempat yang berbeda sehingga pekerjaan tersebut dapat diselesaikan dengan hanya beberapa pekerja saja dan hal ini dapat mempermudah untuk membagi rata pekerjaan. Kelemahan metode ini adalah penyelesaian pembangunan kapal akan menjadi lambat jika dibandingkan dengan metode pembangunan arah vertikal. Selain itu derajat deformasi dari benuk kapal menjadi besar.

Pelaksanaan dalam melakukan proses *erection* dibagi menjadi beberapa tahapan dalam pekerjaannya. Seorang *fitter* hanya melakukan proses *fit-up* atau penyambungan antar blok dengan melakukan *tag weld* atau las titik. Tahapan dalam melakukan proses *erection* adalah sebagai berikut.

1. Pengangkatan *block/loading*

Tahapan ini merupakan penggabungan suatu *block* ke *block* lain. Dalam hal ini digunakan *crane* untuk menggabungkan *block-block* tersebut.

2. Penggabungan

Tahap penyambungan pada proses *joint erection* tidak jauh berbeda dengan tahapan penyambungan pada proses *assembly*. Hal yang menjadi perhatian dalam tahap ini adalah kerataan pelat serta gap yang terjadi antara blok satu dengan yang lainnya. Setelah dilakukan pengecekan dan masuk kedalam toleransi maka langkah selanjutnya adalah melakukan *tag weld* atau las titik. *Tag weld* ini adalah proses pengelesan titik, yang

berfungsi untuk mematikan posisi benda kerja atau blok setelah digabungkan dan sesuai ukuran yang sudah ditentukan. Pekerjaan inilah yang menjdai tugas seorang *fitter*.

3. *Levelling Deck*

Proses ini yaitu sebuah proses untuk mengetahui kerataan suatu bidang. Dari proses *sub assembly*, maka *plate* akan dilevel agar *plate* tersebut rata. Tujuan dari proses *leveling* ini adalah untuk menyamakan ketinggian bagian kanan dan kiri dari kapal. Jadi diharapkan posisi kapal pada saat pembangunan dalam keadaan yang seimbang.

4. Pengecekan Pengelasan

Proses ini juga tidak jauh berbeda dengan pengecekan pengelasan pada *sub assembly* maupun *assembly*.

5. Pengecekan Deformasi

Deformasi merupakan perubahan suatu bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda akibat pengelasan ataupun *handling*. Pada kapal baru peristiwa deformasi ini sering terjadi, terutama pada *section* kapal seperti lambung kapal, geladak, dan sekat. Besarnya deformasi untuk masing-masing seksi berbeda, hal ini bergantung pada peraturan yang digunakan oleh galangan kapal sebagai acuan standar mutu produksi.

4.2.2.4 *Tag Weld (Pengelasan Titik)*

Perakitan dilakukan dengan melakukan *tag weld* atau las titik antara *panel* satu dengan yang lain untuk kemudian dilakukan pengelasan (*welding*) oleh seorang *welder*. *Tag weld* (pengelasan) titik pada proses *assembly* dilakukan dengan tujuan untuk mengunci komponen-komponen yang telah dirakit sesuai dengan *production drawing* (gambar produksi). Hal ini dilakukan sebelum pengelasan penuh (*welding*) supaya hasil perakitan tidak berubah. Proses *tag weld* selalu dilakukan pada setiap proses *assembly* (perakitan). Proses ini dilakukan dengan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Prinsip pengelasan dengan metode SMAW adalah menggunakan panas dari busur untuk mencairkan logam dasar dan ujung sebuah *consumable* elektroda tertutup dengan tegangan listrik yang dipakai 23-45 Volt dan untuk pencairan digunakan arus listrik hingga 500 ampere. Pelaksanaan pengelasan untuk melakukan *tag weld* atau las titik pada proses *assembly* dilakukan oleh *fitter* dengan beberapa posisi *fitter*. Posisi tersebut tergantung dari komponen-komponen yang akan dirakit atau digabungkan. Posisi *fitter* tersebut di antaranya adalah posisi berjongkok, membungkuk, serta berdiri seperti pada Gambar 4.33 dan Gambar 4.34. Posisi pelaksanaan pengelasan titik (*tag weld*) sangat bervariasi tergantung pada kondisi dan kebutuhan yang harus dilakukan



Gambar 4.33 Proses *Tag Weld* (Pengelasan Titik) Posisi Berdiri



Gambar 4.34 Proses *Tag Weld* (Pengelasan Titik) Posisi Berjongkok

4.2.2.5 *Assembly Fit-Up* (Penyetelan)

Kegiatan *assembly* merupakan kegiatan perakitan atau penggabungan komponen-komponen hasil proses fabrikasi untuk dijadikan menjadi satu kesatuan menjadi sebuah *ring block*. Proses *Assembly* dibagi menjadi 3 (tiga) tahap proses yaitu *assembly piece part-piece*

part, *panel-panel*, dan *block-block* seperti pada Gambar 4.35, Gambar 4.36, dan Gambar 4.36. Pada tahap *piece part-piece part* bisa disebut sebagai proses *sub-assembly*. Pada tahap *panel-panel* bisa disebut dengan proses *assembly*. Sedangkan untuk tahap *block-block* disebut dengan proses *erection*. Proses perakitan atau penggabungan ini dilakukan oleh seorang *fitter* dengan cara pengelasan.



Gambar 4.35 *Fit-Up (Penyetelan) Piece Part to Piece Part*



Gambar 4.36 *Fit-Up Panel to Panel (Penyetelan)*

4.3 Penentuan *Hardware* (Perangkat) yang Digunakan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat pada saat ini yang memicu banyak orang untuk mencari berbagai alternatif pemecahan masalah dalam kegiatan atau aktivitas sehari-hari. Hal demikian juga dilakukan pada industri perkapalan dalam melakukan pengawasan (*monitoring*) kegiatan atau aktivitas kerja dari setiap pekerjanya. Dalam melakukan penentuan terhadap perangkat (*hardware*) yang digunakan atas dasar pertimbangan hasil observasi atau pengamatan yang dilakukan. Pengambilan keputusan meliputi empat tahap yang saling berhubungan dan berurutan. Keempat proses tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Intelligence*

Tahap ini merupakan proses penelusuran dan pendeteksian dari lingkup problematika serta proses pengenalan masalah. Data masukan diperoleh, diproses, dan diuji dalam rangka mengidentifikasi masalah.

2. *Design*

Tahap ini merupakan proses menemukan dan mengembangkan alternatif. Tahap ini meliputi proses untuk mengerti masalah, menurunkan solusi dan menguji kelayakan solusi.

3. *Choice*

Pada tahap ini dilakukan poses pemilihan di antara berbagai alternatif tindakan yang mungkin dijalankan. Tahap ini meliputi pencarian, evaluasi, dan rekomendasi solusi yang sesuai untuk model yang telah dibuat. Solusi dari model merupakan nilai spesifik untuk variabel hasil pada alternatif yang dipilih.

4. *Implementation*

Tahap implementasi adalah tahap pelaksanaan dari keputusan yang telah diambil. Pada tahap ini perlu disusun serangkaian tindakan yang terencana, sehingga hasil keputusan dapat dipantau dan disesuaikan apabila diperlukan perbaikan.

Proses pengambilan keputusan merupakan hal yang menjadi bagian penting di dalam suatu penelitian. Pengambilan keputusan tidak hanya harus tepat, tapi juga diperlukan kecepatan dan keakuratan dari pengumpulan data, pengolahan data sampai akhirnya pada tahap pengambilan keputusan untuk mengimbangnya. Selain itu juga dalam melakukan pengambilan keputusan harus sesuai dengan kondisi yang ada saat ini sehingga akan didapatkan hasil yang terbaik sehingga pengambilan keputusan dapat diimplementasikan sesuai dengan permasalahan yang terjadi.

4.3.1 Microcontroller Unit (MCU)

Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor dimana di dalamnya sudah terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, *clock* dan peralatan internal lainnya yang sudah terhubung dan terorganisasi dengan baik. Banyak jenis mikrokontroler yang bisa digunakan dalam penelitian ini. Mikrokontroler dapat diumpamakan sebagai bentuk minimum dari sebuah mikrokomputer pada perangkat keras dan perangkat lunak, dan juga terdapat memory, CPU yang terpadu dalam satu keping IC. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Penulis menentukan jenis mikrokontroler yang digunakan adalah *Arduino*. Perangkat tersebut merupakan mikrokontroler jenis *ATMega328* yang dikeluarkan oleh *Atmel* yang mempunyai arsitektur *board RISC (Reduce Instruction Set Computer)*. Berikut merupakan penjelasan mengenai *board* mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini.

4.3.1.1 Arduino

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* dalam *arduino* memiliki prosesor *Atmel AVR* dan menggunakan *software* serta bahasa pemrograman sendiri yaitu bahasa pemrograman C.

4.3.1.2 Hardware (Perangkat)

Arduino Uno adalah salah satu produk berlabel *arduino* yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler *ATMega328* (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks. *Hardware* dalam *arduino* memiliki beberapa jenis, yang mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam setiap papannya (*board*). Penggunaan jenis *arduino* disesuaikan dengan kebutuhan, hal ini yang akan mempengaruhi dari jenis prosesor yang digunakan. Jika semakin kompleks perancangan dan program yang dibuat, maka harus sesuai pula jenis kontroler yang digunakan. Hal yang membedakan antara *arduino* yang satu dengan yang lainnya adalah penambahan fungsi dalam setiap papannya (*board*) dan jenis mikrokontroler yang digunakan. Dalam tugas akhir ini, jenis *arduino* yang digunakan adalah *arduino uno*. Penulis menentukan jenis mikrokontroler yang digunakan adalah *Arduino Uno* dengan pertimbangan sebagai berikut.

1. Ukuran perangkat yang relatif kecil sehingga tidak mengganggu pengguna pada saat sedang melakukan aktivitas atau kegiatan kerja. Panjang dan lebar maksimum dari PCB *Arduino Uno* masing-masingnya adalah 2.7 dan 2.1 inci atau jika dalam satuan centimeter masing-masingnya adalah 6,8 cm dan 5,3 cm.
2. Memiliki memori 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk *bootloader*). Selain itu juga mempunyai 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM. *Board* ini cukup untuk menjalankan module sensor MPU 6050 sebanyak dua buah.
3. Tidak perlu perangkat *chip programmer* karena di dalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer.
4. Bahasa pemrograman relatif mudah karena *software Arduino* dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C sehingga lebih mudah untuk dioperasikan.
5. Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan langsung pada *board Arduino*. Seperti yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu modul sensor MPU 6050 dan modul *WiFi Shield ESP 8266*.
6. Harga *board* yang murah jika dibandingkan dengan mikrokontroler jenis yang lainnya.

Adapun karakteristik dari *board arduino uno* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah seperti pada Tabel 4.1. Karakteristik tersebut memberikan informasi mengenai *board* yang akan digunakan.

Tabel 4.1 Index Board Arduino Uno

| | | |
|----|---------------------------------------|--|
| 1 | Mikrikontroler | ATmega328 |
| 2 | Tegangan pengoperasian | 5V |
| 3 | Tegangan <i>input</i> yang disarankan | 7-12V |
| 4 | Batas tegangan <i>input</i> | 6-20V |
| 5 | Jumlah pin I/O digital | 14 (6 di antaranya menyediakan PWM) |
| 6 | Jumla pin <i>input</i> analog | 6 |
| 7 | Arus DC tiap pin I/O | 40 mA |
| 8 | Arus DC untuk pin 3.3V | 50 mA |
| 9 | Memori <i>Flash</i> | 32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i> |
| 10 | SRAM | 2 KB (ATmega328) |
| 11 | EEPROM | 1 KB (ATmega328) |
| 12 | <i>Clock Speed</i> | 16 MHz |

Hardware arduino uno memiliki spesifikasi sebagai berikut.

1. Daya (*Power*)

Arduino uno dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah daya eksternal. Daya eksternal (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau *battery* seperti pada Gambar 4.37. Adaptor dapat digunakan dengan cara menghubungkan *power jack* dengan *board arduino*. *Board arduino uno* dapat beroperasi pada sebuah power eksternal 6 sampai 20 volt. *Range* yang direkomendasikan adalah 7 sampai 12 volt. Pin-pin dayanya adalah sebagai berikut:

- a. VIN. Tegangan *input* ke *board arduino uno* ketika board sedang menggunakan sumber power eksternal (seperti 5 Volt dari koneksi USB atau sumber tenaga lainnya yang diatur).
- b. 5V. Pin *output* ini merupakan tegangan 5 Volt yang diatur dari regulator pada *board arduino uno*.
- c. 3,3V. Sebuah suplai 3,3 Volt dihasilkan oleh *regulator* pada *board arduino uno*. Arus maksimum yang dapat dilalui adalah 50 mA.



Gambar 4.37 *Power Supply Board Arduino Uno*
(Sumber: Fathurahman et al., 2018)

2. *Input dan Output*

Berikut merupakan pin Input/Output yang terdapat pada board Arduino Uno seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.38.

a. 14 pin I/O *Digital* (pin 0-13)

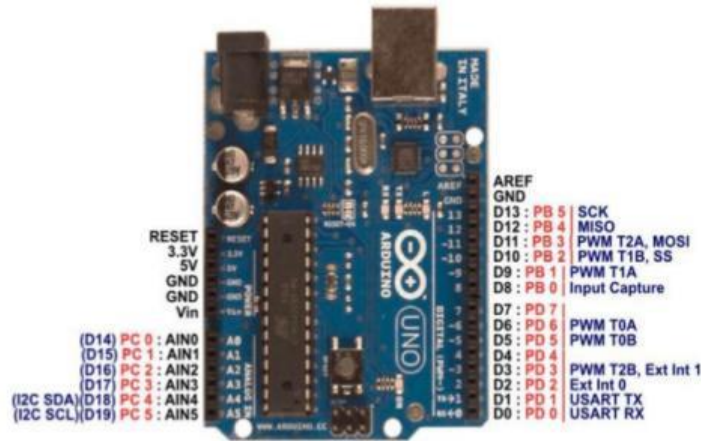
Sejumlah pin *digital* dengan nomor 0-13 yang dapat dijadikan *input* dan *output* yang diatur dengan cara membuat program IDE.

b. 6 pin *Input Analog* (pin 0-5)

Sejumlah pin *analog* bernomor 0-5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai *input* yang memiliki nilai *analog* dan mengubahnya ke dalam angka antara 0-1023.

c. 6 pin *Output Analog* (pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11)

Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin *digital* tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin *output analog* dengan cara membuat programan pada IDE.



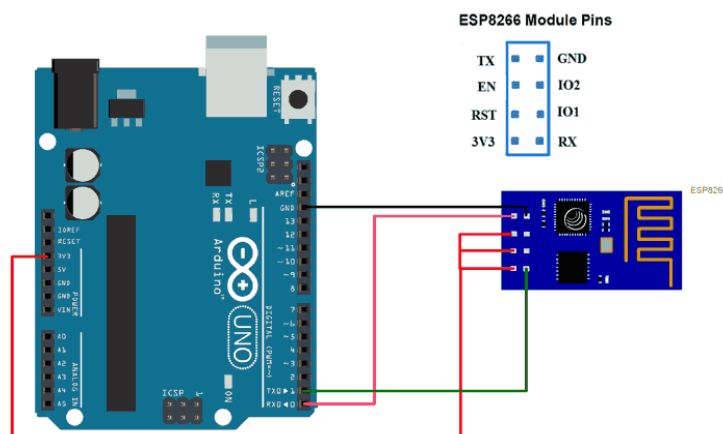
Gambar 4.38 Pin *Input/Output Board Arduino Uno*
(Sumber: Fathurahman et al., 2018)

3. Memori (Penyimpanan)

Board arduino uno dengan mikrokontroler ATmega328 mempunyai memori penyimpanan sebesar 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk *bootloader*). ATmega 328 juga mempunyai 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis (*RW/read and written*) dengan EEPROM library).

4. Komunikasi

Arduino uno mempunyai sejumlah fasilitas untuk komunikasi dengan sebuah komputer, *arduino* lainnya atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan serial komunikasi UART TTL (5V), yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX) seperti pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 Pin RX dan TX pada *Board Arduino Uno*
(Sumber: Fathurahman et al., 2018)

4.3.2 Module Sensor

Sensor merupakan suatu perangkat (*hardware*) yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan, baik itu perubahan secara fisik maupun perubahan secara kimia. Nilai perubahan yang menjadi *output* dari sensor inilah yang diubah menjadi besaran listrik yang disebut dengan *transducer*. Sedangkan modul sensor merupakan modul siap pakai yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan sesuai dengan jenis atau fungsi modul sensor yang digunakan. Dalam tugas akhir ini, modul sensor yang digunakan adalah modul sensor MPU-6050. Adapun pertimbangan dalam menentukan penggunaan modul sensor MPU-6050 adalah sebagai berikut.

1. Modul MPU-6050 sesuai (*compatible*) dengan *board* yang digunakan yaitu *board arduino uno*.
2. Menghasilkan *output* data yang sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian yaitu mengenai *motion capture*. Hasil *output* data berupa perubahan percepatan baik linier maupun terhadap sudut tertentu pada setiap sumbu koordinat.
3. Memiliki dimensi modul yang relatif kecil yaitu 20.3 mm x 15.6 mm, sehingga tidak mengganggu pengguna pada saat melakukan kegiatan atau aktivitas kerja.
4. Konfigurasi modul dengan *board* yang digunakan relatif mudah.
5. Harga modul sensor yang murah jika dibandingkan dengan modul sensor yang lainnya.

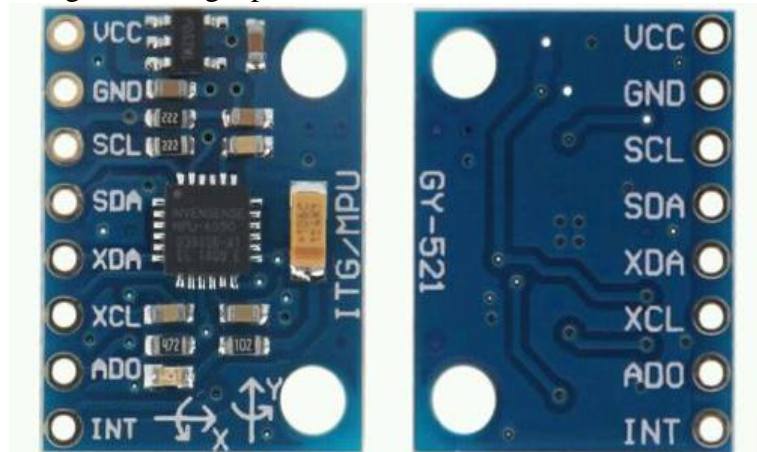
Adapun karakteristik dari modul sensor MPU 6050 yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah seperti pada Tabel 4.2. Karakteristik tersebut memberikan informasi mengenai modul sensor yang akan digunakan.

Tabel 4.2 Karakteristik Modul Sensor MPU 6050

| | | |
|---|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Basis Modul Sensor | Chip MPU 6050 |
| 2 | Tegangan <i>input</i> yang disarankan | 3-5V |
| 3 | <i>Gyroscope range</i> | 250, 500, 1000, 1500, 2000 °/s |
| 4 | <i>Accelerometer range</i> | 2, 4, 6, 8, 16 |
| 5 | <i>Communication Standart</i> | I2C |
| 6 | <i>Chip Built-in</i> | 16 bit AD Converter |
| 7 | Data <i>output</i> | 16 bit |
| 8 | Jarak antar pin <i>header</i> | 2.54 mm |
| 9 | Dimensi | 20.3 mm x 15.6 mm |

4.3.2.1 Hardware (Perangkat)

Module sensor MPU-6050 adalah sebuah modul berinti MPU-6050 yang merupakan 6 axis *Motion Processing Unit* dengan penambahan regulator tegangan dan beberapa komponen pelengkap lainnya yang membuat modul ini siap dipakai dengan tegangan *supply* sebesar 3-5VDC seperti pada Gambar 4.40. Modul ini memiliki interface I2C yang dapat disambungkan langsung ke MCU yang memiliki fasilitas I2C. Sensor MPU-6050 berisi sebuah MEMS *Accelerometer* dan sebuah MEMS *Gyroscope* yang saling terintegrasi. Sensor ini sangat akurat dengan menangkap nilai axis X, Y dan Z bersamaan dalam satu waktu.



Gambar 4.40 Modul Sensor MPU-6050
(Sumber: Fathurahman et al., 2018)

Pada perangkat modul sensor MPU 6050 mempunyai 8 pin konfigurasi yang dapat digunakan dalam pelaksanaannya seperti pada Gambar 4.41. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing pin yang terdapat pada modul MPU 6050.

1. VCC

Pin Nomor 1, berfungsi untuk menyediakan daya yang dibutuhkan oleh modul sensor tersebut. Daya yang dibutuhkan berkisar antara 3-5V, dan biasanya adalah 5V.

2. GND

Pin Nomor 2, berfungsi untuk menghubungkan modul sensor dengan sistem *ground* pada sistem yang digunakan.

3. SCL (*Serial Clock*)

Pin Nomor 3, berfungsi untuk menyediakan pulse clock (waktu) untuk sistem komunikasi I2C.

4. SDA (*Serial Data*)

Pin Nomor 4, berfungsi untuk melakukan transfer data untuk sistem komunikasi I2C.

5. XDA (*Auxiliary Transfer Data*)

Pin Nomor 5, berfungsi untuk menghubungkan modul yang lainnya dengan sistem komunikasi I2C.

6. XCL (*Auxiliary Clock*)

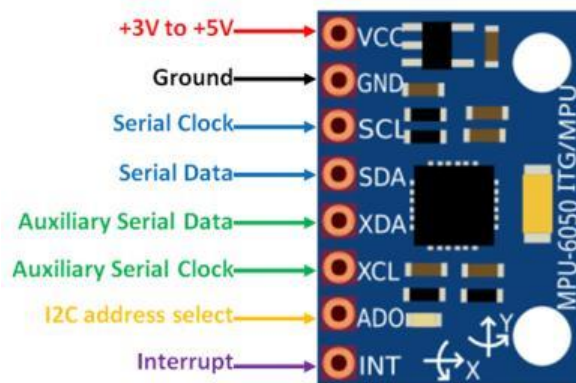
Pin Nomor 6, berfungsi untuk menghubungkan modul yang lainnya dengan sistem komunikasi I2C.

7. ADO

Pin Nomor 7, berfungsi jika lebih dari satu modul MPU6050 yang digunakan maka pin ini dapat digunakan untuk memvariasikan alamat.

8. INT (*Interrupt*)

Pin Nomor 8, berfungsi untuk menunjukkan data yang tersedia dapat dibaca oleh *board arduino* yang digunakan.



Gambar 4.41 Pin Konfigurasi Modul MPU 6050
(Sumber: Fathurahman et al., 2018)

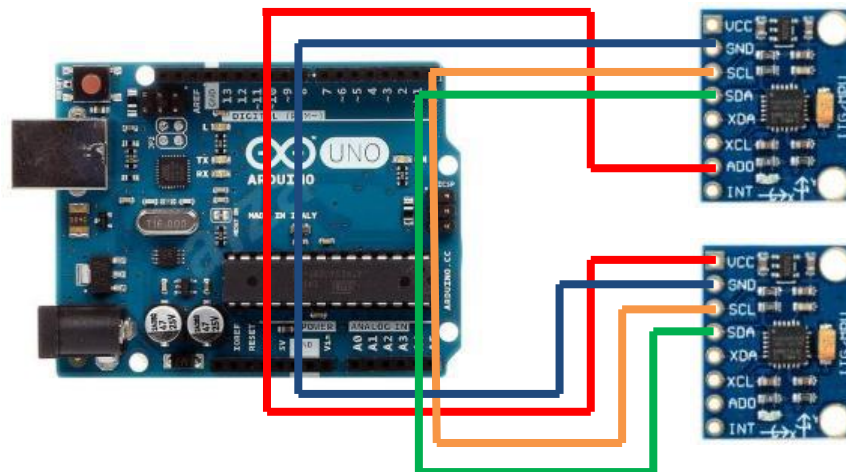
4.3.2.2 Interface MPU 6050 dengan Arduino Uno

Modul sensor MPU 6050 yang digunakan berjumlah 2 buah dengan pertimbangan untuk pemasangan di dua lokasi tempat yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data yang lebih akurat dari setiap modul sensor dalam setiap kegiatan atau aktivitas kerja yang dilakukan. Konfigurasi antara 2 modul sensor dan *arduino uno* menggunakan sistem *multiple MPU 6050* dalam pemasangannya. Dua modul sensor tersebut dirangkai secara seri sebelum melakukan pemasangan dengan *board arduino uno*. Selanjutnya adalah melakukan *wiring* antara 2 modul sensor yang sudah dirangkai secara seri sebelumnya dengan *board arduino uno*. Berikut ini merupakan uraian *wiring* yang dilakukan untuk menghubungkan *Arduino Uno R3 (ATMEGA328-Assembled)* dengan modul sensor.

- a. Pin VCC pada Sensor dihubungkan dengan pin 3.3 V pada *Arduino Uno R3*;
- b. Pin GND pada Sensor dihubungkan dengan pin GND pada *Arduino Uno R3*;

- c. Pin SCL pada Sensor dihubungkan dengan pin A5 Analog In pada *Arduino Uno R3*;
- d. Pin SDA pada sensor dihubungkan dengan pin A4 Analog In pada *Arduino Uno R3*.

Berikut merupakan *interface multiple* MPU 6050 dengan *arduino uno* yang digunakan dalam tugas akhir ini.



Gambar 4.42 *Interface Multiple* MPU 6050 dengan *Arduino Uno*
(Sumber: Fathurahman et al., 2018)

4.3.3 Module WiFi

WiFi merupakan sebuah teknologi yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk bertukar data secara nirkabel (menggunakan gelombang radio) melalui koneksi internet. Dalam melakukan pengiriman data dari hasil *output board arduino uno* dilakukan dengan menggunakan jaringan wifi. Jaringan tersebut didapatkan dari modul WiFi yang dikonfigurasi dengan *board arduino uno*. Modul wifi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah modul wifi ESP8266. Jenis dari modul wifi ESP 8266 beragam sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Jenis modul wifi ESP 8266 yang digunakan adalah *WeMos D1 Wifi ESP8266 ESP-12E Arduino UNO Based Shield*. Pertimbangan dalam menentukan modul wifi yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Modul WiFi ESP 8266 sesuai (*compatible*) dengan *board* yang digunakan yaitu *board arduino uno*.
2. Memiliki dimensi modul yang sama dengan *board arduino uno*, sehingga tidak mengganggu pengguna pada saat melakukan kegiatan atau aktivitas kerja.
3. Konfigurasi modul dengan *board* yang digunakan relatif mudah.
4. Harga modul sensor yang murah jika dibandingkan dengan modul sensor yang lainnya.

Adapun karakteristik dari modul WiFi ESP 8266 yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah seperti pada Tabel 4.3. Karakteristik tersebut memberikan informasi mengenai modul sensor yang akan digunakan.

Tabel 4.3 Karakteristik Modul WiFi ESP 8266

| | | |
|---|------------------------|--------------|
| 1 | RAM | 96 kB |
| 2 | <i>Instruction</i> RAM | 64 kB |
| 3 | RISC CPU | 32-bit |
| 4 | Tegangan kerja | 3,3 Volt |
| 5 | Jaringan wifi | 802.11 b/g/n |
| 6 | Sistem WiFi Direct | Pear to pear |
| 7 | <i>Interface</i> | SPI, I2C |

4.3.3.1 Hardware (Perangkat)

Modul WiFi ESP8266 merupakan modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler pada *board arduino* agar dapat terhubung langsung dengan wifi dan membuat koneksi TCP/IP seperti pada Gambar 4.43. Modul ini membutuhkan daya sekitar 3.3V dengan memiliki tiga mode wifi yaitu *Station*, *Access Point*, dan *Both* (Keduanya). Modul ini juga dilengkapi dengan prosesor, memori dan GPIO (*General Purpose Input Output*) dimana jumlah pin bergantung dengan jenis Modul WiFi ESP8266 yang digunakan. Dengan demikian, modul ini bisa berdiri sendiri tanpa menggunakan mikrokontroler apapun karena sudah memiliki perlengkapan layaknya mikrokontroler. Selain itu modul ini bisa dilakukan program dengan menggunakan *Arduino IDE*. Dengan menambahkan *library ESP8266* pada *board manager* untuk dapat dengan mudah memprogram dengan *basic program arduino*.



Gambar 4.43 Modul WiFi ESP 8266
(Sumber: Fathurahman et al., 2018)

Pada perangkat modul WiFi ESP 8266 mempunyai 8 pin konfigurasi yang dapat digunakan dalam pelaksanaannya seperti pada Gambar 4.44. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing pin yang terdapat pada modul WiFi ESP 8266.

1. VCC

Pin Nomor 1, berfungsi untuk memberikan sumber daya pada perangkat modul yaitu sebesar 3.3V.

2. GND

Pin Nomor 2, berfungsi untuk menghubungkan modul sensor dengan sistem *ground* pada sistem yang digunakan.

3. Tx

Pin Nomor 3, berfungsi sebagai pengirim data yang bekerja pada tegangan 3.3V.

4. Rx

Pin Nomor 4, berfungsi sebagai penerima data yang bekerja pada tegangan 3.3V.

5. CH_PD

Pin Nomor 5, berfungsi untuk chip menurunkan daya dan menaikkan daya.

6. GPIO 0

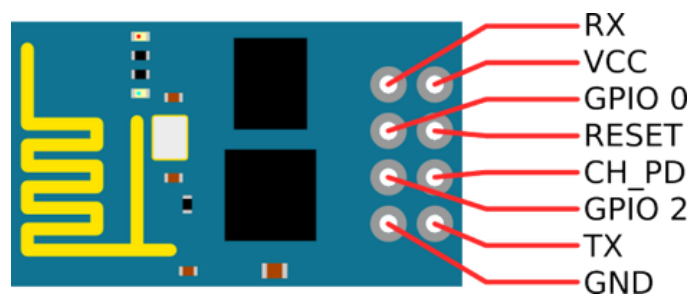
Pin Nomor 6, berfungsi sebagai penghubung antara modul WiFi dengan *board arduino* yang digunakan pada index 3.

7. GPIO 2

Pin Nomor 7, berfungsi sebagai penghubung antara modul WiFi dengan *board arduino* yang digunakan pada index 4.

8. RESET

Pin Nomor 8, berfungsi sebagai pin reset yang digunakan untuk menghubungkan kembali antara sistem dengan *ground*.

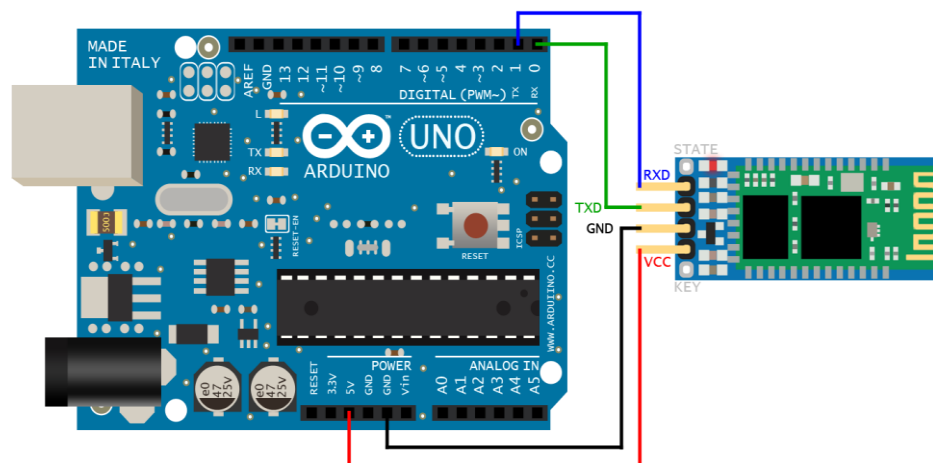


Gambar 4.44 Pin pada Modul WiFi ESP 8266
(Sumber: Luthfi et al., 2018)

4.3.3.2 Interface Modul WiFi ESP 8266 dengan Arduino Uno

Hal yang dilakukan untuk mengkonfigurasi antara perangkat *board arduino uno* dengan modul wifi ESP 8266 adalah dengan melakukan *wiring* seperti pada Gambar 4.45. Proses ini dilakukan dengan menghubungkan pin-pin yang terdapat pada kedua perangkat dengan menggunakan *cable jumper*. Berikut ini merupakan uraian *wiring* yang dilakukan untuk menghubungkan *Arduino Uno R3* (ATMEGA328-Assembled) dengan *WiFi Shield* ESP 8266.

1. Pin VCC pada *WiFi Shield* ESP 8266 dihubungkan dengan pin 5 V pada *Arduino Uno R3*;
2. Pin GND pada *WiFi Shield* ESP 8266 dihubungkan dengan pin GND pada *Arduino Uno R3*;
3. Pin TX pada Sensor dihubungkan dengan pin RX Analog In pada *Arduino Uno R3*;
4. Pin RX pada sensor dihubungkan dengan pin TX Analog In pada *Arduino Uno R3*.

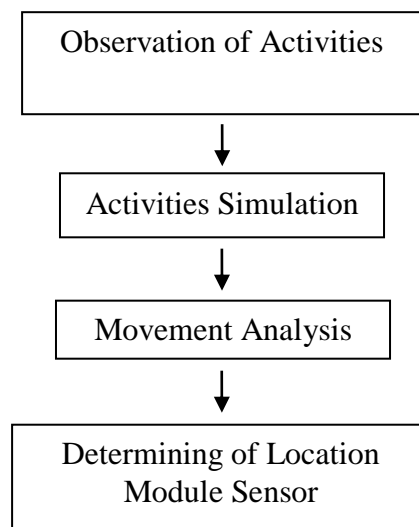


Gambar 4.45 Interface Modul WiFi ESP 8266 dengan Arduino Uno
(Sumber: Fathurahman et al., 2018)

Terdapat 3 (tiga) cara yang bisa digunakan untuk menghubungkan koneksi antara *board arduino* dengan modul wifi yang digunakan. *Access point* konfigurasi, *station*, dan *both* (keduanya) merupakan cara yang dapat digunakan untuk menghubungkan kedua perangkat tersebut. Ketiga cara tersebut mempunyai sistem *wiring* yang sama untuk menghubungkan keduanya. Lampu indikator tx pada *board arduino* akan menyala jika program atau *sketch* yang di *upload* pada *software arduino IDE* berhasil. Setelah berhasil melakukan *upload* maka selanjutnya akan mendapatkan *IP address* untuk mengakses data melalui *local server* hasil *output* dari modul sensor yang digunakan pada *board arduino uno*. Langkah selanjutnya adalah melakukan *connecting* dengan wifi yang tersedia dari modul wifi ESP 8266.

4.4 Penentuan Lokasi Sensor

Penempatan sensor akan dilakukan pada beberapa bagian tubuh yang berbeda ketika sedang melakukan kegiatan atau aktivitas pekerjaan *fitter* seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Penentuan peletakan sensor dilakukan dengan melakukan pengamatan dan observasi di lapangan yang bertempat di PT. PAL Indonesia (persero). Adapun alur atau skema dalam melakukan penentuan penempatan sensor pada tubuh *fitter* adalah seperti pada Gambar 4.46.



Gambar 4.46 Skema atau Alur Penentuan Lokasi Peletakan Sensor

4.4.1 Observasi dan Pengamatan Kegiatan Kerja *Fitter*

Sebelum menentukan tempat peletakan sensor pada tubuh *fitter* terlebih dahulu harus mengetahui kegiatan apa saja yang dilakukan oleh seorang *fitter*. Pada sub bab sebelumnya telah dijelaskan ruang lingkup pekerjaan (*scope of work*) *fitter* yang akan dijadikan sebagai acuan dalam menentukan kegiatan yang akan diamati atau dilakukan observasi. Berikut merupakan kegiatan atau aktivitas pekerjaan *fitter* yang akan diamati.

4.4.1.1 *Marking* (Penandaan)

Marking adalah kegiatan awal yang dilakukan pada tahap fabrikasi setelah dilakukan identifikasi material. *Marking* merupakan kegiatan menandai, yaitu pemberian nama, nomor, serta gambar detail dari sebuah konstruksi yang dicetak di atas pelat sebelum dilakukan pemotongan sesuai dengan model yang dikerjakan. Pada setiap bagian dari material yang telah ditandai harus diberi nama yang jelas agar tidak tertukar pada saat perakitan. *Marking* (penandaan) pemberian tanda garis potong dilakukan dengan dua metode yaitu metode *marking* belok dan *marking* lurus. *Marking* (penandaan) belok dilakukan dengan

menggunakan alat bantu mall lengkung yang terbuat dari bambu. Sedangkan untuk pelaksanaan *marking* (penandaan) lurus dilakukan dengan menggunakan metode sipatan dengan menggunakan benang. Kedua cara tersebut dilakukan sendiri oleh seorang *fitter*. Karakteristik gerakan kedua cara tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Marking* (penandaan) Belok

Dalam pelaksanaan *marking* (penandaan) belok dilakukan dengan alat bantu mall bambu. Alat bantu tersebut lentur sehingga mampu digunakan untuk menghasilkan garis lengkung. Alat tulis yang digunakan berasal dari bambu yang telah dipipihkan pada ujungnya. Sedangkan tinta putih digunakan sebagai tanda garis.



Gambar 4.47 *Marking* (penandaan) manual belok dengan alat bantu mall bambu

Gerakan yang dihasilkan dari kegiatan atau aktivitas kerja *marking* (penandaan) belok dengan posisi berjongkok seperti pada Gambar 4.47 akan menghasilkan gerakan pada bagian tubuh yang dominan. Bagian tubuh tersebut mempunyai pola gerakan yang relatif sama pada saat *fitter* melakukan kegiatan atau aktivitas kerja yang sama. Dengan kata lain terdapat karakteristik gerakan dari kegiatan atau aktivitas *marking* (penandaan) belok dengan posisi berjongkok. Tabel 4.4 merupakan uraian gerakan pada bagian tubuh yang dominan pada saat *fitter* melakukan kegiatan seperti pada Gambar 4.47.

Tabel 4.4 Uraian Gerakan Bagian Tubuh *Fitter* Saat Melakukan *Marking* Belok

| No. | Bagian Tubuh | Gerakan |
|-----|--------------|---|
| 1. | Tangan Kanan | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh tangan sebelah kanan akan melakukan gerakan pembuatan garis sesuai dengan garis pada mall bambu yg digunakan. Gerakan ini dilakukan secara berulang karena dalam pelaksanaan pembuatan garis tersebut tidak langsung dalam sekali garis. bisa melakukan pengulangan garis - Selain itu tangan sebelah kanan ini juga melakukan gerakan ketukan pada saat tinta yang digunakan untuk membuat garis pada alat tulis habis atau sudah mulai menghasilkan garis yang tipis. Gerakan ini juga dilakukan secara berulang. - Pusat gerakan dari tangan kanan adalah pada bagian bahu. - Selain gerakan yang telah disebutkan dianggap sebagai <i>noise</i> atau gerakan tambahan yang bukan merupakan gerakan kegiatan atau aktivitas <i>marking</i> belok. |
| 2. | Tangan Kiri | <ul style="list-style-type: none"> - Pelaksanaan kegiatan atau aktivitas <i>marking</i> (penandaan) secara manual, tangan kiri melakukan gerakan memegang mall bambu yang telah disesuaikan dengan ukuran atau garis yang diinginkan. Gerakan tangan kiri dalam melakukan kegiatan ini relatif diam untuk beberapa waktu. - Pusat gerakan pada tangan kiri ini terdapat pada bahu. - Selain gerakan tersebut dianggap sebagai <i>noise</i> atau gerakan yang tidak termasuk dalam kegiatan ini. |
| 3. | Punggung | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat <i>fitter</i> melakukan kegiatan atau aktivitas ini relatif diam. - Gerakan yang dilakukan adalah ketika <i>fitter</i> melakukan perpindahan posisi dengan bergerak maju, mundur, bergeser ke kanan, atau ke kiri. - Selain gerakan tersebut, bagian tubuh ini juga bergerak pada saat <i>fitter</i> melakukan perubahan posisi berjongkok, membungkuk, ataupun berdiri. - Bagian tubuh ini juga akan sangat menjadi pusat ketika <i>fitter</i> tersebut melakukan gerakan tersebut. |

2. *Marking* (penandaan) Lurus

Pelaksanaan *marking* (penandaan) lurus dilakukan dengan teknik sipatan tali benang yang direntangkan atau diregangkan. Dilakukan tanpa dengan bantuan *helper* dengan menggunakan alat bantu *marking* (penandaan) lurus seperti pada Gambar 4.48. pelaksanaan kegiatan atau aktivitas kerja *marking* (penandaan) dilakukan secara individu, artinya seorang *fitter* melakukan kegiatan tersebut tanpa bantuan pekerja yang lainnya. Kegiatan atau aktivitas *marking* (penandaan) lurus dilakukan dengan posisi berjongkok pada pelaksanaannya.



Gambar 4.48 *Marking* (penandaan) Lurus Metode Sipatan Benang

Pada pelaksanaan kegiatan atau aktivitas kerja *marking* (penandaan) lurus dapat dilakukan dengan 2 (dua) posisi kerja yaitu posisi berjongkok dan posisi membungkuk. Kedua posisi ini akan menghasilkan uraian gerakan yang berbeda pada bagian tubuh punggung dan menghasilkan uraian gerakan yang sama pada bagian tubuh tangan kanan. Perbedaan ketinggian pada modul sensor yang ditempatkan pada bagian tubuh punggung akan menyebabkan perbedaan nilai yang dibaca pada sumbu Y. Selain itu nilai pembacaan modul sensor pada tempat ini akan berbeda pada saat *fitter* melakukan transisi gerakan mundur ke belakang. Tabel 4.5 merupakan uraian gerak yang dilakukan pada saat *fitter* melakukan *marking* lurus.

Tabel 4.5 Uraian Gerakan Bagian Tubuh *Fitter* Saat Melakukan *Marking Lurus*

| No. | Bagian Tubuh | Gerakan |
|-----|--------------|--|
| 1. | Tangan Kanan | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh tangan sebelah kanan akan melakukan gerakan sipatan. Gerakan tersebut dilakukan dengan menarik tali benang yang sudah diregangkan atau direntangkan. Sipatan dilakukan sebanyak 2-3 kali dalam pembuatan satu garis lurus. - Pusat gerakan ini terdapat pada pergelangan tangan. - Selain itu tangan sebelah kanan ini juga melakukan gerakan meletakkan alat bantu berbentuk magnet (seperti Gambar 4.4). gerakan tersebut dilakukan setiap akan memulai dan mengakhiri pembuatan satu garis. - Pusat gerakan ini terdapat pada persendian siku tangan. - Selain gerakan yang telah disebutkan dianggap sebagai <i>noise</i> atau gerakan tambahan yang bukan merupakan gerakan kegiatan atau aktivitas <i>marking lurus</i>. |
| 2. | Tangan Kiri | <ul style="list-style-type: none"> - Bagian tubuh tangan kiri melakukan gerakan memegang kotak tali benang dan tinta <i>marking</i>. - Gerakan yang dilakukan pada bagian tubuh ini adalah menarik kotak tali benang dan tinta <i>marking</i> sepanjang garis lurus yang akan dibuat. - Pusat gerakan ini terdapat pada bahu. - Selain gerakan tersebut dianggap sebagai <i>noise</i> atau gerakan yang tidak termasuk dalam kegiatan ini. |
| 3. | Punggung | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat <i>fitter</i> melakukan kegiatan atau aktivitas ini relatif diam. - Gerakan yang dilakukan adalah ketika <i>fitter</i> melakukan perpindahan posisi dengan bergerak maju, mundur, bergeser ke kanan, atau ke kiri. - Selain gerakan tersebut, bagian tubuh ini juga bergerak pada saat <i>fitter</i> melakukan perubahan posisi berjongkok, membungkuk, ataupun berdiri. - Bagian tubuh ini juga akan sangat menjadi pusat ketika <i>fitter</i> tersebut melakukan gerakan tersebut. - Selain gerakan tersebut dianggap sebagai <i>noise</i> atau gerakan yang tidak termasuk dalam kegiatan ini. |

4.4.1.2 Cutting (Pemotongan)

Cutting merupakan proses pemotongan material yang telah dilakukan penandaan (*marking*). Pemotongan ini dapat dilakukan secara manual menggunakan mesin potong skator, *handy auto*, atau blander mesin sesuai dengan kebutuhan alat yang sesuai untuk pemotongan tersebut. Sedangkan apabila dilakukan secara otomatis dilakukan dengan menggunakan CNC. Cara-cara yang digunakan dalam melakukan kegiatan atau aktivitas kerja *cutting* (pemotongan) mempunyai karakteristik gerakan yang berbeda.

1. *Cutting* (pemotongan) Lurus dengan Menggunakan Mesin Skator

Dalam melakukan pemotongan (*cutting*) dengan menggunakan mesin skator bisa dilakukan secara *semi-automatic*. Pelaksanaan *cutting* secara semi-automatic dilakukan dengan memasang rel sehingga mesin akan berjalan dengan sendiri seperti pada Gambar 4.49. Sebelumnya harus dilakukan pengaturan jarak serta nyala api pada ujung *nozle* mesin skator terhadap plat yang akan dipotong terlebih dahulu. Akan tetapi cara ini hanya untuk pelaksanaa *cutting* (pemotongan) lurus. Jika untuk melakukan *cutting* (pemotongan) belok dilakukan tanpa rel karena mesin ini mempunyai roda belakang yang fleksibel. Tabel 4.6 merupakan penjelasan mengenai karakteristik gerakan *cutting* (pemotongan) lurus dengan menggunakan mesin skator.



Gambar 4.49 *Cutting* (pemotongan) Manual Lurus dengan Alat Potong Skator

Tabel 4.6 Uraian Gerakan Bagian Tubuh *Fitter* Saat Melakukan *Cutting* dengan Mesin Skator

| No. | Bagian Tubuh | Gerakan |
|-----|--------------|---|
| 1. | Tangan Kanan | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat melakukan kegiatan tersebut melakukan gerakan yang relatif diam dengan memegang stang mesin skator. - Gerakan yang dilakukan hanya bergerak lurus mengikuti garis marking lurus mundur ke arah belakang. - Pusat gerakan berada pada bahu. - Selain gerakan tersebut dianggap sebagai noise yang tidak termasuk dalam gerakan kegiatan tersebut. |
| 2. | Tangan Kiri | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini bergerak untuk melakukan pengaturan terhadap mesin skator pada saat melakukan pemotongan. Akan tetapi gerakan ini akan sangat bervariasi karena pengaturan untuk tiap pemotongan berbeda satu dengan yang lain sesuai dengan kebutuhan. - Selain itu pada bagian tubuh ini juga sering kali melakukan gerakan lain pada saat pemotongan yang tidak termasuk dalam gerakan pemotongan tersebut. - Pada bagian tubuh ini bergerak untuk melakukan gerakan yang sifatnya membantu bagian tubuh tangan kanan. - Bagian tubuh ini dapat diabaikan jika <i>fitter</i> dominan menggunakan tangan kanan. |
| 3. | Punggung | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat <i>fitter</i> melakukan kegiatan atau aktivitas ini relatif diam. - Gerakan yang dilakukan adalah ketika <i>fitter</i> melakukan perpindahan posisi dengan bergerak maju, mundur, bergeser ke kanan, atau ke kiri. - Selain gerakan tersebut, bagian tubuh ini juga bergerak pada saat <i>fitter</i> melakukan perubahan posisi berjongkok, membungkuk, ataupun berdiri. - Bagian tubuh ini juga akan sangat menjadi pusat ketika <i>fitter</i> tersebut melakukan gerakan tersebut. - Selain gerakan tersebut dianggap sebagai <i>noise</i> atau gerakan yang tidak termasuk dalam kegiatan ini. |

2. *Cutting* (pemotongan) Lurus dengan Menggunakan Mesin Blander Potong

Pelaksanaan pemotongan (*cutting*) dengan menggunakan mesin blander dilakukan untuk melakukan pemotongan pada kondisi atau kebutuhan yang tidak memungkinkan seperti pada Gambar 4.50. Kondisi ini terjadi ketika pemotongan tidak bisa dilakukan dengan mesin yang lainnya selain mesin blander potong. Hal ini dikarenakan hasil pemotongan dengan mesin blander potong yang tidak rapih karena sangat bergantung pada kemampuan *cutter* (pemotong). Tingkat kemampuan dari *cutter* (pemotong) sangat berpengaruh terhadap hasil pemotongan. Hasil pemotongan yang bergerigi atau tidak rata menunjukkan tingkat kemampuan *cutter* (pemotong) yang kurang baik. Hal ini dikarenakan *cutter* (pemotong) kurang terbiasa dengan mesin potong blander dan kemungkinan untuk terjadinya tremor atau getaran yang menyebabkan hasil potoan yang kurang rapih atau tidak rata. Berikut merupakan karakteristik gerakan pada kegiatan atau aktivitas pemotongan dengan menggunakan mesin blander potong.



Gambar 4.50 *Cutting* (pemotongan) Lurus dengan Menggunakan Mesin Blander Potong

Tabel 4.7 merupakan uraian gerak yang dilakukan pada saat *fitter* melakukan kegiatan *cutting* dengan mesin blander.

Tabel 4.7 Uraian Gerakan Bagian Tubuh *Fitter* Saat Melakukan *Cutting* dengan Mesin Blander

| No. | Bagian Tubuh | Gerakan |
|-----|--------------|---|
| 1. | Tangan Kanan | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat melakukan kegiatan tersebut melakukan gerakan yang relatif diam dengan memegang stang mesin blander potong. - Gerakan yang dilakukan hanya bergerak lurus mengikuti garis marking lurus mundur ke arah belakang. - Selain itu, arah pemotongan dapat ditentukan pada bagian tubuh ini. - Pusat gerakan berada pada bahu. - Selain gerakan tersebut dianggap sebagai noise yang tidak termasuk dalam gerakan kegiatan tersebut. |
| 2. | Tangan Kiri | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini bergerak untuk melakukan pengaturan terhadap mesin blander potong pada saat melakukan pemotongan. Akan tetapi gerakan ini akan sangat bervariasi karena pengaturan untuk tiap pemotongan berbeda satu dengan yang lain sesuai dengan kebutuhan. - Pada bagian tubuh ini bergerak untuk melakukan gerakan yang sifatnya membantu bagian tubuh tangan kanan. - Selain itu pada bagian tubuh ini juga sering kali melakukan gerakan lain yang tidak termasuk dalam kegiatan cutting dengan mesin Blander. - Bagian tubuh ini dapat diabaikan jika <i>fitter</i> dominan menggunakan tangan kanan. |
| 3. | Punggung | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat <i>fitter</i> melakukan kegiatan atau aktivitas ini relatif diam. - Gerakan yang dilakukan adalah ketika <i>fitter</i> melakukan perpindahan posisi dengan bergerak maju, mundur, bergeser ke kanan, atau ke kiri. - Selain gerakan tersebut, bagian tubuh ini juga bergerak pada saat <i>fitter</i> melakukan perubahan posisi berjongkok, membungkuk, ataupun berdiri. - Bagian tubuh ini juga akan sangat menjadi pusat ketika <i>fitter</i> tersebut melakukan gerakan tersebut. |

3. *Cutting (pemotongan) dengan Menggunakan Mesin CNC (Computer Numerical Control)*

Mesin pemotong dengan menggunakan CNC (*Computer Numerical Control*) merupakan sebuah sistem pemotong otomatis yang dapat dioperasikan oleh perintah yang diprogram sebelumnya seperti pada Gambar 4.51. Prinsip kerja mesin ini adalah pemrogram membuat program CNC sesuai dengan produk yang akan dibuat dengan menggunakan perangkat lunak pemrograman mesin atau dengan melakukan pengetikan secara langsung. Pelaksanaan pemotongan (*cutting*) dengan menggunakan CNC (*Computer Numerical Control*) merupakan pemotongan secara otomatis (*automatic cutting*). *Fitter* atau operator mesin CNC bertugas untuk melakukan pengaturan sebelum melakukan pemotongan. Pengaturan yang dilakukan adalah menentukan titik awal *torch* (ujung *nozzle*) mesin CNC. Selain itu *fitter* atau operator mesin CNC juga harus mengatur program CNC pada layar mesin menyesuaikan dengan pemotongan yang akan dilakukan. *Fitter* atau operator mesin juga harus melakukan pengecekan terhadap posisi material pada *work table* mesin CNC. Tabel 4.8 merupakan karakteristik gerakan seorang *fitter* pada saat melakukan kegiatan atau aktivitas kerja *cutting* (pemotongan) dengan menggunakan mesin CNC (*Computer Numerical Control*).



Gambar 4.51 *Cutting (pemotongan) dengan Menggunakan Mesin CNC Plasma*

Tabel 4.8 Uraian Gerakan Bagian Tubuh *Fitter* Saat Melakukan *Cutting* dengan Mesin CNC

| No. | Bagian Tubuh | Gerakan |
|-----|--------------|--|
| 1. | Tangan Kanan | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat kegiatan tersebut melakukan gerakan untuk mengatur <i>torch</i> (ujung <i>nozzle</i>). Pengaturan ini dilakukan untuk menempatkan titik awal pemotongan. - Pusat gerakan berada pada bahu. - Selain itu, pada bagian tubuh ini melakukan gerakan untuk menjadi operator mesin CNC tersebut. Gerakan yang dilakukan adalah menekan tombol pada layar CNC. - Pusat gerakan berada pada pergelangan tangan. - Selain gerakan tersebut dianggap sebagai noise yang tidak termasuk dalam gerakan kegiatan tersebut. |
| 2. | Tangan Kiri | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini bergerak untuk melakukan gerakan yang sifatnya membantu bagian tubuh tangan kanan. - Selain itu pada bagian tubuh ini juga sering kali melakukan gerakan lain yang tidak termasuk dalam kegiatan <i>cutting</i> dengan mesin CNC. - Bagian tubuh ini dapat diabaikan jika <i>fitter</i> dominan menggunakan tangan kanan. |
| 3. | Punggung | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat <i>fitter</i> melakukan kegiatan atau aktivitas ini relatif diam. - Gerakan yang dilakukan adalah ketika <i>fitter</i> melakukan perpindahan posisi dengan bergerak maju, mundur, bergeser ke kanan, atau ke kiri. - Selain gerakan tersebut, bagian tubuh ini juga bergerak pada saat <i>fitter</i> melakukan perubahan posisi berjongkok, membungkuk, ataupun berdiri. - Bagian tubuh ini juga akan sangat menjadi pusat ketika <i>fitter</i> tersebut melakukan gerakan tersebut. |

4.4.1.3 Assembly Fit-Up (Perakitan)

Kegiatan *assembly* merupakan kegiatan perakitan atau penggabungan komponen-komponen hasil proses fabrikasi untuk dijadikan menjadi satu kesatuan menjadi sebuah *ring block*. Proses *Assembly* dibagi menjadi 3 (tiga) tahap proses yaitu *assembly piece part-piece part*, *panel-panel*, dan *block-block*. Pada tahap *piece part-piece part* bisa disebut sebagai proses *sub-assembly*. Pada tahap *panel-panel* bisa disebut dengan proses *assembly*. Sedangkan untuk tahap *block-block* disebut dengan proses *erection*. Proses perakitan atau

penggabungan ini dilakukan oleh seorang *fitter* dengan cara pengelasan. Pengelasan yang dimaksud adalah pengelasan titik atau *tag weld* dengan menggunakan las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Posisi untuk melakukan pengelasan ini beragam sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di lapangan. Setelah dilakukan *assembly* maka selanjutnya dilakukan *fit-up* atau penyesuaian terhadap gambar drawing. Tujuannya adalah untuk menghindari *miss-alignment* dari komponen yang telah dirakit. Setiap kegiatan atau aktivitas kerja pada tahap *assembly* mempunyai karakteristik gerakan masing-masing. Hal ini lah yang menjadi pembeda anantara kegiatan satu dengan kegiatan yang lainnya. Berikut akan dijelaskan tentang karakteristik gerakan dari setiap kegiatan atau aktivitas kerja yang dilakukan oleh seorang *fitter*:

1. *Assembly Piece Part to Piece Part (Sub Assembly)*

Pelaksanaan *assembly* ini dilakukan dengan melakukan perakitan antara komponen *piece part* hasil fabrikasiseperti pada Gambar 4.52. Proses *assembly* ini dilakukan secara 2-Dimensi perakitan, artinya perakitan yang dilakukan secara panjang dan lebar. Proses ini dilakukan secara manual dengan posisi perakitan membujur dengan tujuan untuk memudahkan proses perakitan. Selain itu keakuratan atau ketepatan perakitan yang tinggi. Tabel 4.9 merupakan uraian gerakan kegiatan *assembly piece part to piece part*.



Gambar 4.52 *Assembly Piece Part to Piece Part (sub assembly)*

Tabel 4.9 Uraian Gerakan Bagian Tubuh *Fitter* pada Saat Melakukan Kegiatan *Assembly Piece Part to Piece Part*

| No. | Bagian Tubuh | Gerakan |
|-----|--------------|---|
| 1. | Tangan Kanan | <ul style="list-style-type: none"> - Bagian tubuh ini bekerja sangat dominan pada kegiatan ini. Banyak gerakan yang dilakukan diantaranya adalah melakukan gerakan mengangkat, membalik, dan memegang. Gerakan tersebut merupakan gerakan <i>fitter</i> pada saat melakukan <i>fit-up</i> pada tahap <i>sub assembly</i>. - Setelah proses <i>fit-up</i>, <i>fitter</i> melakukan gerakan pengelasan titik (<i>tag weld</i>) untuk mengunci bagian yang dirakit. Tujuan las titik (<i>tag weld</i>) ini supaya bagian yang telah dirakit dan di <i>fit-up</i> tidak mengalami perubahan. - Gerakan pengelasan titik (<i>tag weld</i>) bagian tubuh ini melakukan gerakan menarik atau menggeser tergantung pada posisi las yang dilakukan oleh <i>fitter</i>. - Pusat gerakan berada pada bahu. - Selain itu pada proses pengelasan titik (<i>tag weld</i>) gerakan bagian tubuh ini adalah mengayun. - Pusat gerakan berada pada bagian persendian siku. |
| 2. | Tangan Kiri | <ul style="list-style-type: none"> - Bagian tubuh ini melakukan gerakan yang sifatnya membantu bagian tubuh tangan kanan. - Pada proses pengelasan titik (<i>tag weld</i>) bagian tubuh ini melakukan gerakan untuk memegang helm las (<i>welding helmet</i>) atau pelindung sinar las (<i>welding shield</i>). |
| 3. | Punggung | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat <i>fitter</i> melakukan kegiatan atau aktivitas ini relatif diam. - Gerakan yang dilakukan adalah ketika <i>fitter</i> melakukan perpindahan posisi dengan bergerak maju, mundur, bergeser ke kanan, atau ke kiri. - Selain gerakan tersebut, bagian tubuh ini juga bergerak pada saat <i>fitter</i> melakukan perubahan posisi berjongkok, membungkuk, ataupun berdiri. - Bagian tubuh ini juga akan sangat menjadi pusat ketika <i>fitter</i> tersebut melakukan gerakan tersebut. |

2. *Assembly Panel to Panel (Assembly)*

Pelaksanaan *assembly* ini dilakukan dengan melakukan perakitan antara komponen panel dengan panel hasil tahap *sub assembly*. Panel yang akan dilakukan *assembly* merupakan hasil dari proses *sub-assembly* padatahap sebelumnya. Ukuran dari panel yang akan di-*assembly* relatif besar dan berat sehingga membutuhkan peralatan *material handling* untuk melakukan mobilisasi panel tersebut. Tahap ini merupakan tahap perakitan 3-Dimensi ruang dengan menggunakan alat bantu pengangkatan *crane*, seperti *mobile crane*, *gantry crane*, atau *tower crane*. Proses ini tidak bisa dilakukan secara individu dan harus dilakukan oleh beberapa kelompok kerja yang terdapat *welder* (tukang las), *fitter* (tukang pas), dan *helper*. Masing-masing pekerja mempunyai tugas dan fungsinya masing-masing dalam melakukan proses *assembly*. Berikut merupakan karakteristik uraian gerak yang dilakukan pada saat *fitter* melakukan kegiatan atau aktivitas kerja *assembly panel to panel*. Tabel 4.10 merupakan uraian gerakan kegiatan *assembly panel to panel*.



Gambar 4.53 *Assembly Panel to Panel*

Tabel 4.10 Uraian Gerakan Bagian Tubuh *Fitter* pada Saat Melakukan Kegiatan *Assembly Panel to Panel*

| No. | Bagian Tubuh | Gerakan |
|-----|--------------|---|
| 1. | Tangan Kanan | <ul style="list-style-type: none"> - Bagian tubuh ini bekerja sangat dominan pada kegiatan ini. Banyak gerakan yang dilakukan diantaranya adalah melakukan gerakan mendorong, menarik, dan memegang. Gerakan tersebut merupakan gerakan <i>fitter</i> pada saat melakukan <i>fit-up</i> pada tahap <i>assembly</i>. - Setelah proses <i>fit-up</i>, <i>fitter</i> melakukan gerakan pengelasan titik (<i>tag weld</i>) untuk mengunci bagian yang dirakit. Tujuan las titik (<i>tag weld</i>) ini supaya bagian yang telah dirakit dan di <i>fit-up</i> tidak mengalami perubahan. - Gerakan pengelasan titik (<i>tag weld</i>) bagian tubuh ini melakukan gerakan menarik atau menggeser tergantung pada posisi las yang dilakukan oleh <i>fitter</i>. - Pusat gerakan berada pada bahu. - Selain itu pada proses pengelasan titik (<i>tag weld</i>) gerakan bagian tubuh ini adalah mengayun. - Pusat gerakan berada pada bagian persendian siku. |
| 2. | Tangan Kiri | <ul style="list-style-type: none"> - Bagian tubuh ini melakukan gerakan yang sifatnya membantu bagian tubuh tangan kanan. - Pada proses pengelasan titik (<i>tag weld</i>) bagian tubuh ini melakukan gerakan untuk memegang helm las (<i>welding helmet</i>) atau pelindung sinar las (<i>welding shield</i>). |
| 3. | Punggung | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat <i>fitter</i> melakukan kegiatan atau aktivitas ini relatif diam. - Gerakan yang dilakukan adalah ketika <i>fitter</i> melakukan perpindahan posisi dengan bergerak maju, mundur, bergeser ke kanan, atau ke kiri. - Selain gerakan tersebut, bagian tubuh ini juga bergerak pada saat <i>fitter</i> melakukan perubahan posisi berjongkok, membungkuk, ataupun berdiri. - Bagian tubuh ini juga akan sangat menjadi pusat ketika <i>fitter</i> tersebut melakukan gerakan tersebut. |

3. *Assembly Block to Block (Erection)*

Pelaksanaan *assembly* ini dilakukan dengan melakukan perakitan antara komponen *block* dengan *block* hasil tahap *assembly* seperti pada Gambar 4.54. Blok yang akan dilakukan *erection* merupakan hasil dari proses *assembly* pada tahap sebelumnya. Ukuran dari blok yang akan di-*erection* relatif besar dan berat sehingga membutuhkan peralatan *material handling* untuk melakukan mobilisasi blok tersebut. Tahap ini merupakan tahap perakitan 3-Dimensi ruang dengan menggunakan alat bantu pengangkatan *crane* yaitu *tower crane*. Proses ini tidak bisa dilakukan secara individu dan harus dilakukan oleh beberapa kelompok kerja yang terdapat *welder* (tukang las), *fitter* (tukang pas), dan *helper*. Masing-masing pekerja mempunyai tugas dan fungsinya masing-masing dalam melakukan proses *erection*. Adapun *crane* yang digunakan adalah *crane* dengan kapasitas yang memenuhi untuk mengangkat *block* yang akan dilakukan proses *erection*. Dalam pelaksanaannya, seorang *fitter* akan melakukan *levelling* antara *block* satu dengan *block* yang lainnya supaya sambungan antar *block* tersebut menjadi satu level atau tidak terjadi *miss-alignment* yang besar. Tabel 4.11 merupakan uraian gerakan kegiatan *assembly block to block*.



Gambar 4.54 *Assembly Block to Block*

Tabel 4.11 Uraian Gerakan Bagian Tubuh *Fitter* pada Saat Melakukan Kegiatan *Assembly Block to Block*

| No. | Bagian Tubuh | Gerakan |
|-----|--------------|---|
| 1. | Tangan Kanan | <ul style="list-style-type: none"> - Bagian tubuh ini bekerja sangat dominan pada kegiatan ini. Banyak gerakan yang dilakukan diantaranya adalah melakukan gerakan mendorong, menarik, dan memegang. Gerakan tersebut merupakan gerakan <i>fitter</i> pada saat melakukan <i>fit-up</i> pada tahap <i>assembly</i>. - Setelah proses <i>fit-up</i>, <i>fitter</i> melakukan gerakan pengelasan titik (<i>tag weld</i>) untuk mengunci bagian yang dirakit. Tujuan las titik (<i>tag weld</i>) ini supaya bagian yang telah dirakit dan di <i>fit-up</i> tidak mengalami perubahan. - Gerakan pengelasan titik (<i>tag weld</i>) bagian tubuh ini melakukan gerakan menarik atau menggeser tergantung pada posisi las yang dilakukan oleh <i>fitter</i>. - Pusat gerakan berada pada bahu. - Selain itu pada proses pengelasan titik (<i>tag weld</i>) gerakan bagian tubuh ini adalah mengayun. - Pusat gerakan berada pada bagian persendian siku. |
| 2. | Tangan Kiri | <ul style="list-style-type: none"> - Bagian tubuh ini melakukan gerakan yang sifatnya membantu bagian tubuh tangan kanan. - Pada proses pengelasan titik (<i>tag weld</i>) bagian tubuh ini melakukan gerakan untuk memegang helm las (<i>welding helmet</i>) atau pelindung sinar las (<i>welding shield</i>). |
| 3. | Punggung | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat <i>fitter</i> melakukan kegiatan atau aktivitas ini relatif diam. - Gerakan yang dilakukan adalah ketika <i>fitter</i> melakukan perpindahan posisi dengan bergerak maju, mundur, bergeser ke kanan, atau ke kiri. - Selain gerakan tersebut, bagian tubuh ini juga bergerak pada saat <i>fitter</i> melakukan perubahan posisi berjongkok, membungkuk, ataupun berdiri. - Bagian tubuh ini juga akan sangat menjadi pusat ketika <i>fitter</i> tersebut melakukan gerakan tersebut. |

4. Tag Weld (Pengelasan Titik)

Tag weld (pengelasan) titik pada proses *assembly* dilakukan dengan tujuan untuk mengunci komponen-komponen yang telah dirakit sesuai dengan *production drawing* (gambar produksi) seperti pada Gambar 4.55. Hal ini dilakukan sebelum pengelasan penuh (*welding*) supaya hasil perakitan tidak berubah. Proses *tag weld* selalu dilakukan pada setiap proses *assembly* (perakitan). Proses ini dilakukan dengan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Posisi *tag weld* beragam sesuai dengan penelasan pada sub bab sebelumnya mulai dari berjongkok, membungkuk, dan berdiri. Setelah selesai melakukan *tag weld* dilanjutkan dengan membersihkan fluks (pelindung cairan las) elektroda hasil pengelasan. Kegiatan ini dilakukan dengan memukul alur las dengan menggunakan *charpy hummer*. Kemudian dibersihkan dengan menggunakan menggosokkan sikat baja pada alur las. Gerakan tersebut merupakan satu uraian gerakan *fitter* yang sedang melakukan kegiatan atau aktivitas kerja *tag weld* (pengelasan titik). Berikut dijelaskan mengenai karakteristik gerakan pada saat *fitter* melakukan kegiatan atau aktivitas *tag weld* pada proses *assembly* (perakitan). Tabel 4.12 merupakan uraian gerakan kegiatan *tag weld* (pengelasan titik)



Gambar 4.55 *Tag Weld* (pengelasan titik) pada Proses *Assembly*

Tabel 4.12 Uraian Gerakan Bagian Tubuh *Fitter* pada Saat Melakukan Kegiatan *Tag Weld* (pengelasan titik) pada Proses *Assembly*

| No. | Bagian Tubuh | Gerakan |
|-----|--------------|--|
| 1. | Tangan Kanan | <ul style="list-style-type: none"> - Bagian tubuh ini melakukan gerakan memegang stang las. - Gerakan yang dilakukan adalah perpindahan posisi dengan menarik ke atas atau ke bawah serta menggeser ke kanan atau kiri sesuai dengan alur las yang akan dibuat. - Gerakan ini dilakukan secara berulang sepanjang alur las yang akan dibuat. - Pusat gerakan berada pada bahu. - Bagian tubuh ini melakukan gerakan mengayun untuk membuat alur las titik. - Pusat gerakan berada pada bagian persendian siku. - Bagian tubuh ini melakukan gerakan memukul dengan menggunakan <i>charpy hammer</i> pada alur las. - Selain itu bagian tubuh ini melakukan gerakan menggosok dengan sikat baja pada alur las. - Pusat gerakan tersebut berada pada persendian siku. |
| 2. | Tangan Kiri | <ul style="list-style-type: none"> - Bagian tubuh ini melakukan gerakan untuk memegang helm las (<i>welding helmet</i>) jika menggunakan jenis <i>fixed welding helmet</i>. - Melakukan gerakan menutup dan membuka kaca helm las jika menggunakan jenis <i>clip cap helmet welding</i>. - Gerakan tersebut dilakukan secara berulang saat akan memulai dan selesai melakukan <i>tag weld</i>. - Pusat gerakan berada pada persendian siku. - Selain itu bagian tubuh ini melakukan gerakan pergantian elektroda yang sudah habis. Gerakan dilakukan dengan mengambil elektroda kemudian menjepitkannya ke dalam sang las. |
| 3. | Punggung | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat <i>fitter</i> melakukan kegiatan atau aktivitas ini relatif diam. - Gerakan yang dilakukan adalah ketika <i>fitter</i> melakukan perpindahan posisi dengan bergerak maju, mundur, bergeser ke kanan, atau ke kiri. - Selain gerakan tersebut, bagian tubuh ini juga bergerak pada saat <i>fitter</i> melakukan perubahan posisi berjongkok, membungkuk, ataupun berdiri |

5. Assembly Fit-Up (Penyetelan)

Fit-up merupakan kegiatan atau aktivitas utama seorang *fitter* dalam proses assembly. Proses *fit-up* merupakan proses penyetelan/pengepasan yang dilakukan pada komponen-komponen yang akan dirakit (*assembly*). Proses ini dilakukan untuk menghindari *miss-alignment* jika digabungkan dengan komponen yang lainnya. Alat bantu yang digunakan *fitter* untuk melakukan kegiatan ini sangat beragam yang memungkinkan untuk membantu dalam mempermudah penyelesaian pekerjaan. Alat bantu tersebut diantaranya adalah paju/baji, plat 'L'/jackblot, cukit, *strongbadge/support plate*, plat 'U', serta *hammer* (palu) mulai dari ukuran kecil sampai ukuran besar, takel/katrol, pengait, *eye plate* dan masih banyak lagi alat bantu lainnya. Proses *fit-up* dilakukan mulai proses *sub-assembly* yaitu pada saat melakukan perakitan antara *piece part* dengan *piece part*, *assembly* yaitu perakitan antara *panel* dengan *panel*, dan proses *erection* yaitu pada saat menggabungkan *block* dengan *block* seperti pada Gambar 4.56, Gambar 4.57, dan Gambar 4.58. Kegiatan yang dilakukan relatif sama hanya ukuran serta berat objek *fit-up* yang berbeda pada setiap prosesnya. Perbedaan ukuran objek *fit-up* yang berbeda mengharuskan untuk menggunakan alat material handling yang berbeda. Alat material handling yang digunakan adalah takel/katrol, *gantry crane*, *mobile crane*, hingga *tower crane*. Tabel 4.13 merupakan karakteristik gerakan *fitter* pada saat melakukan kegiatan *fit-up*.



Gambar 4.56 *Fit-Up* Proses Assembly Piece Part to Piece Part



Gambar 4.57 *Fit-Up Proses Assembly Panel to Panel*



Gambar 4.58 *Fit-Up Proses Assembly Block to Block*

Tabel 4.13 Uraian Gerakan Bagian Tubuh *Fitter* pada Saat Melakukan Kegiatan *Fit-Up* pada Proses *Assembly*

| No. | Bagian Tubuh | Gerakan |
|-----|--------------|--|
| 1. | Tangan Kanan | <ul style="list-style-type: none"> - Bagian tubuh ini melakukan gerakan mendorong <i>panel</i> atau <i>block</i> ke arah depan atau ke arah samping kanan maupun kiri pada tahap <i>assembly</i> dan <i>erection</i>. - Selain itu juga melakukan gerakan menarik <i>panel</i> atau <i>block</i> ke arah belakang atau ke arah samping kanan maupun kiri pada tahap <i>assembly</i> dan <i>erection</i>. - Pada tahap <i>sub-assembly</i> bagian tubuh ini bekerja sangat dominan pada kegiatan ini. Banyak gerakan yang dilakukan diantaranya adalah melakukan gerakan mengangkat dan membalik. - Selain itu <i>fitter</i> melakukan gerakan memukul dengan menggunakan <i>hammer</i> (palu). |
| 2. | Tangan Kiri | <ul style="list-style-type: none"> - Bagian tubuh ini melakukan gerakan yang sifatnya membantu bagian tubuh tangan kanan.. - Pada proses pengelasan titik (<i>tag weld</i>) bagian tubuh ini melakukan gerakan untuk memegang helm las (<i>welding helmet</i>) atau pelindung sinar las (<i>welding shield</i>). - Selain gerakan tersebut dianggap sebagai <i>noise</i> atau gerakan yang tidak termasuk dalam kegiatan <i>assembly</i>. |
| 3. | Punggung | <ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian tubuh ini pada saat <i>fitter</i> melakukan kegiatan atau aktivitas ini relatif diam. - Gerakan yang dilakukan adalah ketika <i>fitter</i> melakukan perpindahan posisi dengan bergerak maju, mundur, bergeser ke kanan, atau ke kiri. - Selain gerakan tersebut, bagian tubuh ini juga bergerak pada saat <i>fitter</i> melakukan perubahan posisi berjongkok, membungkuk, ataupun berdiri. - Bagian tubuh ini juga akan sangat menjadi pusat ketika <i>fitter</i> tersebut melakukan gerakan tersebut. - Selain gerakan tersebut dianggap sebagai <i>noise</i> atau gerakan yang tidak termasuk dalam kegiatan ini. |


4.4.2 Penentuan Kegiatan Kerja *Fitter*


Sebelum melakukan *monitring* terhadap kinerja *fitter* dilakukan penentuan kegiatan atau aktivitas kerja yang dilakukan oleh *fitter*. Proses ini dilakukan untuk menentukan kegiatan yang akan dilakukan *monitring*. Kegiatan yang telah ditentukan selanjutnya akan dilakukan *logging* data untuk setiap kegiatan. *Logging* data adalah pengambilan atau *motion capture* dengan mengambil data setiap sumbu koordinat pada setiap sensor yang digunakan pada saat *fitter* melakukan kegiatan atau aktivitas kerja tersebut. Data tersebut nantinya akan menjadi *input* pada sistem aplikasi yang akan dibuat. Data yang dibutuhkan adalah data yang akurat sehingga proses *monitring* kinerja dengan sistem yang akan dibuat mempunyai akurasi yang tinggi. Masing-masing kegiatan yang ditentukan mempunyai karakter data yang berbeda antara kegiatan atau aktivitas kerja satu dengan yang lainnya. Hal inilah yang akan menjadi karakter dari setiap kegiatan atau aktivitas kerja yang akan dilakukan *monitoring*. Semakin banyak kegiatan atau aktivitas kerja yang ditentukan maka semakin akurat sistem dalam melakukan pengawasan terhadap kinerja *fitter*. Data yang dihasilkan dari proses *motion capture* atau *logging* data digunakan untuk menentukan karakteristik data dari kegiatan tersebut. Selain itu juga harus ditentukan tempat peletakan sensor yang akan digunakan dalam sistem yang akan dibuat. Penentuan ini dilakukan untuk mencari tempat yang paling dominan untuk bergerak pada saat *fitter* melakukan kegiatan atau aktivitas kerja yang dilakukan. Hal ini akan sangat berpengaruh terhadap data yang dihasilkan sehingga akan sangat berpengaruh dalam tingkat keakuratan sistem yang dibuat.

Kegiatan atau aktivitas kerja *fitter* yang akan dilakukan *monitring* adalah *marking* (penandaan) belok dengan alat bantu mall bambu dengan posisi berjongkok. Selanjutnya adalah *cutting* (pemotongan) lurus dengan menggunakan skator dengan posisi berjongkok. Dan yang terakhir adalah kegiatan *tag weld* (pengelasan titik) pada tahap *assembly fit-up*. Penentuan kegiatan *tag weld* (pengelasan titik) dikarenakan untuk setiap proses yang dilakukan pada saat *assembly* seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya selalu melakukan kegiatan ini. Selain itu penentuan *tag weld* (pengelasan titik) sebagai kegiatan yang akan dilakukan *monitring* adalah bervariasinya gerakan yang dilakukan *fitter* pada saat melakukan *assembly* pada saat proses *fit-up*. Gerakan yang bervariasi inilah yang akan menimbulkan kesulitan pada saat melakukan *logging* data. Pada Tabel 4.14 merupakan karakteristik untuk setiap kegiatan atau aktivitas kerja *fitter* yang akan dilakukan *monitring*.

Tabel 4.14 Rincian Data Kegiatan Kerja *Fitter*

| Kegiatan Kerja | Waktu (detik) | Repetisi | Ilustrasi dan Penjelasan |
|-------------------------------|---------------|----------|---|
| <i>Marking</i> (penandaan) | 60 | 1 |  <p>Kegiatan <i>marking</i> merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan oleh seorang <i>fitter</i> dengan melakukan pemberian tanda garis pada pelat yang akan digunakan. Pada pelaksanaannya kegiatan <i>marking</i> dilakukan dengan posisi berjongkok. Hal yang dominan pada kegiatan ini adalah pada pergelangan tangan yang digunakan akan senantiasa bergerak ketika <i>fitter</i> tersebut bergerak untuk melakukan pembuatan garis. Selain itu posisi punggung bagian bawah dapat dijadikan sebagai patokan posisi <i>fitter</i> tersebut, apakah berdiri, berjongkok, ataupun membungkuk.</p> |

| Kegiatan Kerja | Waktu (detik) | Repetisi | Ilustrasi dan Penjelasan |
|---------------------------------|---------------|----------|--|
| <i>Cutting</i> Lurus (skalator) | 60 | 1 |  <p>Salah satu kegiatan <i>cutting</i> yang dilakukan menggunakan alat potong skalator diatas rel. <i>Cutting</i> ini digunakan untuk memotong lurus. <i>Cutting</i> Lurus menggunakan skalator dilakukan dengan posisi berjongkok. Dalam melakukan gerakan memotong dengan menggunakan skator bagian yang paling dominan untuk bergerak adalah pada pergelangan tangan dan untuk menentukan posisi pekerja akan sangat ditentukan pada bagian punggung bawah.</p> |

| Kegiatan Kerja | Waktu (detik) | Repetisi | Ilustrasi dan Penjelasan |
|-----------------|---------------|----------|---|
| <i>Tag Weld</i> | 60 | 1 |  <p><i>Tag weld</i> merupakan kegiatan menggabungkan atau merangkai menjadi satu kesatuan dengan melakukan pengelasan. Dalam pelaksanaannya kegiatan <i>tag weld</i> dapat dilakukan pada posisi berdiri, membungkuk, atau berjongkok. Bagian tubuh yang paling dominan pada saat melakukan kegiatan ini adalah pergelangan tangan yang memegang stang las.</p> |

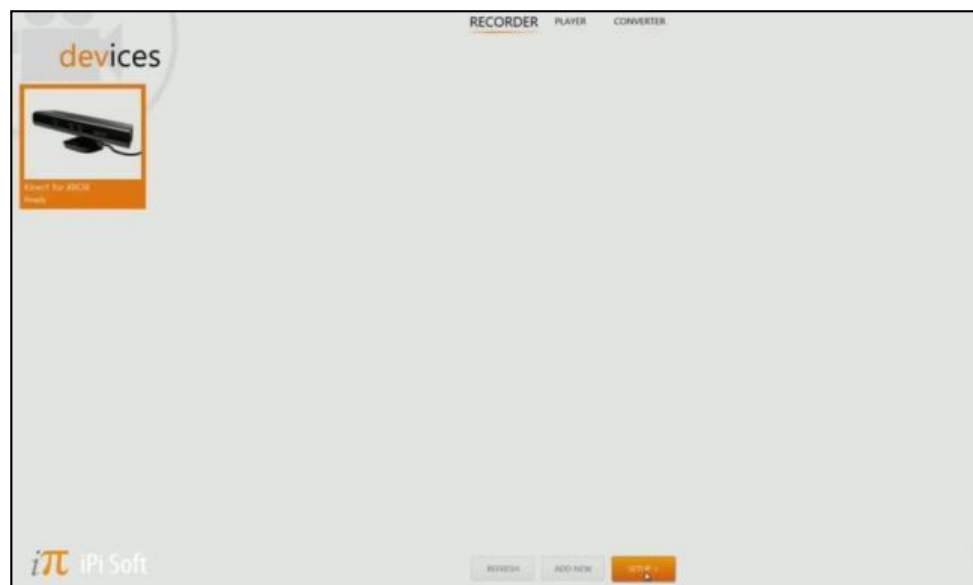
4.4.3 Simulasi Gerakan

Simulasi gerakan dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi perangkat lunak *iPi Recorder* yang disediakan oleh *iPi Soft LCC* untuk menangkap, memutar ulang, dan memproses rekaman video dari beberapa kamera dan module sensor. Aplikasi perangkat lunak ini dapat digunakan untuk melakukan simulasi gerakan dari kegiatan atau aktivitas yang dilakukan oleh seorang *fitter* yang telah ditentukan sebelumnya. Kegiatan atau aktivitas tersebut di simulasikan oleh seseorang yang melakukan gerakan yang sama dengan kegiatan

fitter yang sebelumnya telah dilakukan observasi. Aplikasi perangkat lunak *iPi Recorder* akan melakukan penangkapan video dari simulasi tersebut. Perangkat pendukung lainnya adalah kamera dan module sensor yang sudah terdapat dalam satu kesatuan alat *kinect*. Teknologi perangkat lunak *Kinect* telah dibahas pada bab sebelumnya. Adapun hal yang dilakukan untuk melakukan simulasi gerakan adalah sebagai berikut

1. Pemilihan *Device* (perangkat) yang digunakan

Tahap ini merupakan tahap awal perekaman. Pada tahap pertama ini dilakukan pemilihan terhadap perangkat yang digunakan pada aplikasi perangkat lunak *iPi Recorder*. Akan disajikan dengan daftar kamera/sensor yang tersedia di sistem yang didukung oleh aplikasi perangkat lunak *iPi Recorder*. Adapun perangkat yang digunakan adalah *Kinect* yang merupakan kamera serta module sensor yang digunakan untuk menangkap gerakan yang akan disimulasikan. Pilih (dengan klik) kamera yang digunakan dan selanjutnya tekan tombol *SETUP* untuk melanjutkannya seperti pada Gambar 4.59.

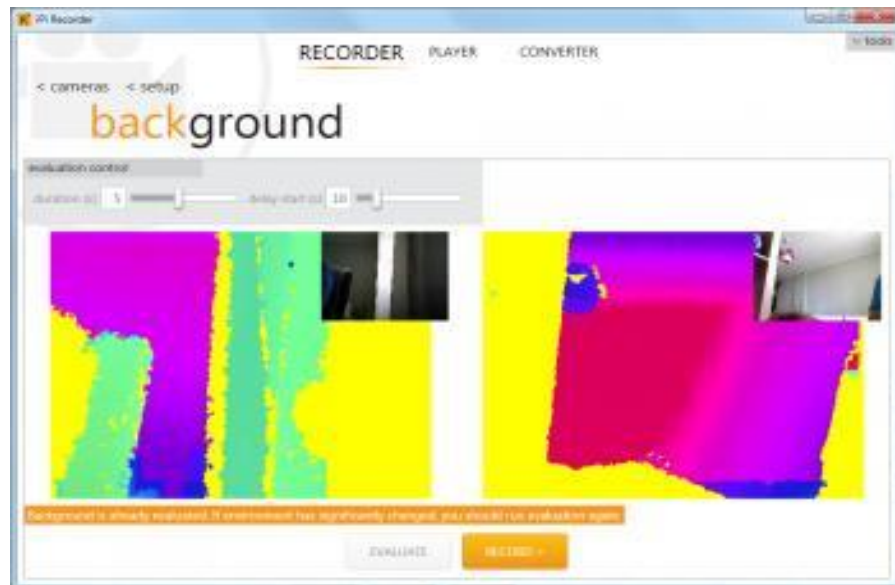


Gambar 4.59 Pemilihan Perangkat pada *iPi Recorder*

2. Menentukan *Background* yang akan digunakan

Sebelum memulai untuk merekam kegiatan simulasi, harus dilakukan evaluasi terhadap latar belakang (*background*) adegan. Latar belakang adalah gambar hanya objek statis (tidak bergerak) yang akan di *capture* (tangkap) oleh perangkat kamera. Latar belakang yang dinilai tertanam di dalam video sehingga kemudian digunakan untuk mendeteksi objek yang bergerak dengan mudah. Selain itu, latar belakang digunakan untuk mengompresi video dengan metode pengurangan latar belakang. Pilih (dengan mengklik) tombol *EVALUATE* untuk menentukan latar belakang adegan yang akan

digunakan. Pastikan latar belakang tersebut tidak ada benda yang bergerak seperti pada Gambar 4.60.



Gambar 4.60 Hasil *Evaluate* Latar Belakang Adegan

3. *Recording* Simulasi Kegiatan



Gambar 4.61 Proses *Recording* Simulasi Kegiatan

Perekaman adegan kegiatan dilakukan dengan menekan tombol *START* dan menekan tombol *STOP* untuk berhenti merekam seperti pada Gambar 4.61. Hasil video yang direkam oleh *iPi Recorder* akan otomatis tersimpan pada perangkat komputer yang digunakan. Aplikasi perangkat lunak ini dapat melakukan penangkapan, perekaman, dan pemutaran kembali gerakan yang telah direkam.

Setelah melakukan *record* simulasi gerakan kegiatan yang dilakukan oleh *fitter* maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisa dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak *iPi Mocap Studio* untuk menentukan bagian tubuh yang dominan dalam melakukan kegiatan-kegiatan yang telah disebutkan pada sub bab sebelumnya.

4.4.4 Analisa Gerakan

Hasil dari *record* yang dilakukan dengan menggunakan *iPi Recorder* selanjutnya akan dilakukan analisa dengan menggunakan bantuan aplikasi perangkat lunak yaitu *iPi Mocap Studio*. Pada aplikasi perangkat lunak ini digunakan untuk melakukan pemindahan gerakan dari peraga yang telah dilakukan *record* dengan menggunakan *iPi Recorder* ke sebuah karakter lain. Karakter inilah yang akan menirukan gerakan yang sama dengan peraga yang melakukan simulasi. Tujuannya adalah memudahkan dalam melakukan analisa gerakan sehingga akan didapatkan bagian tubuh yang dominan saat melakukan kegiatan yang dilakukan dan bagian tubuh tersebut akan efektif jika dijadikan sebagai tempat peletakan sensor yang akan dipasang pada tubuh pekerja. Gambar 4.62 merupakan perubahan gerak yang dilakukan pada saat melakukan kegiatan pemotongan (*cutting*) manual lurus dengan menggunakan mesin skator.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.62 Perubahan Gerakan yang dilakukan pada saat melakukan kegiatan pemotongan lurus dengan menggunakan skator: (a) gerakan pertama, (b) gerakan kedua, (c) gerakan ketiga.

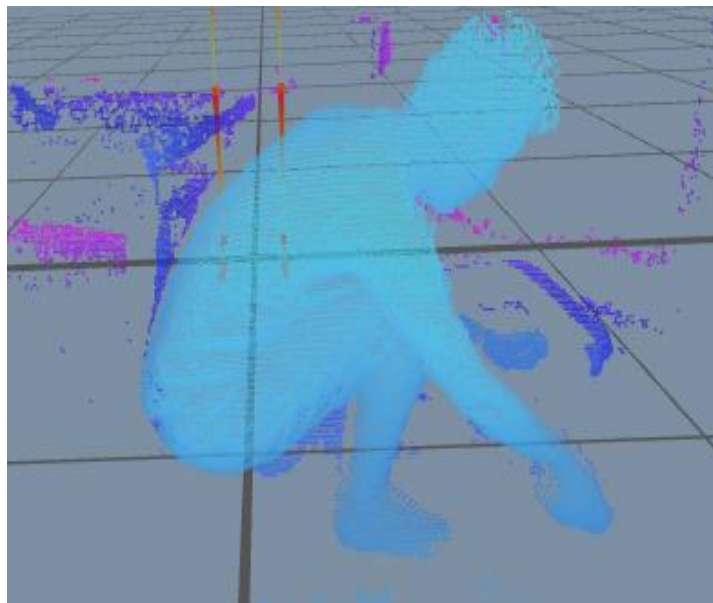
Pada Gambar 4.62 perubahan gerakan yang dilakukan oleh *fitter* pada saat melakukan kegiatan pemotongan lurus dengan menggunakan skator. Pada Gambar 4.62 (a) terlihat bahwa gerakan yang dilakukan oleh *fitter* tersebut pada bagian tubuh tangan kanan menjadi yang utama. Pada bagian tubuh tersebut relatif diam dan melakukan gerakan memegang stang mesin skator. Gerakan bagian tubuh yang lain seperti bagian tubuh tangan kiri yang ikut bergerak pada gambar tersebut melakukan perubahan gerakan yang sifatnya membantu proses pemotongan dengan melakukan pengaturan mesin skator. Selain itu juga bagian tubuh seperti kepala dan punggung atas melakukan perubahan gerakan untuk melihat hasil pemotongan dan pengaturan pada mesin skator yang dilakukan oleh tangan kanan dan tangan kiri. Pada gambar selanjutnya yaitu Gambar 4.62 (b) terlihat bahwa terdapat gerakan bergeser ke belakang atau mundur dari pekerja pada saat mesin skator sudah dekat dengan pekerja tersebut. Gerakan mundur ini dilakukan dengan melangkahkan kaki ke belakang tanpa merubah posisi dari pekerja. Pada saat pekerja melakukan perubahan gerakan bergeser ke belakang atau mundur yang menjadi pusat dari gerakan ini adalah pada punggung bagian bawah. Gambar selanjutnya adalah Gambar 4.62 (c) dimana pada gambar tersebut terjadi perubahan gerakan pada tangan kanan yang melakukan gerakan menarik stang skator ke belakang atau mundur sesuai dengan garis marking sebelumnya. Gerakan tangan kanan tersebut berpusat pada bahu pekerja. Pada gambar tersebut juga terjadi perubahan gerakan pada punggung atas dan juga pada tangan kiri pekerja. Akan tetapi gerakan tersebut bukan menjadi gerakan utama dari seorang yang melakukan pemotongan namun hanya sebagai gerakan bantu.

Pada tahap selanjutnya yang dilakukan untuk menentukan tempat peletakan sensor yang digunakan adalah dengan melakukan analisa pada hasil *record* pada aplikasi perangkat lunak *iPi Mocap Studio*. Pada hasil *record* yang dihasilkan meruakan gerakan utama yang dilakukan oleh seorang *fitter* dalam melakukan kegiatan pemotongan (*cutting*) lurus dengan menggunakan skator. Gerakan yang dianggap sebagai gerakan bantu diabaikan sehingga dapat digunakan untuk menentukan gerakan utama pada kegiatan tersebut. Adapun bagian tubuh yang menjadi gerakan utama dalam melakukan kegiatan pemotongan (*cutting*) lurus dengan menggunakan skator adalah bagian tubuh tangan kanan dan punggung.

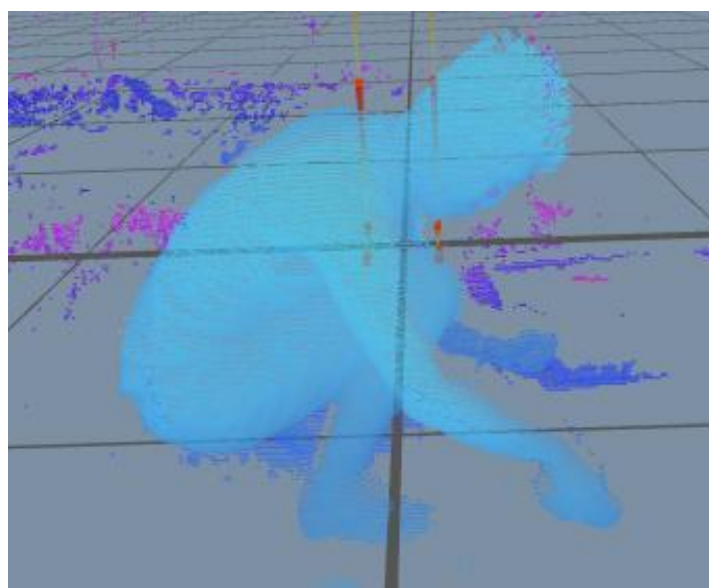
4.4.5 Penentuan Lokasi Peletakan Sensor

Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan analisa terhadap bagian tubuh yang menjadi gerakan utama seorang *fitter* melakukan suatu kegiatan atau aktivitas. Pada sub bab sebelumnya telah ditentukan bagian tubuh yang melakukan gerakan utama dalam suatu

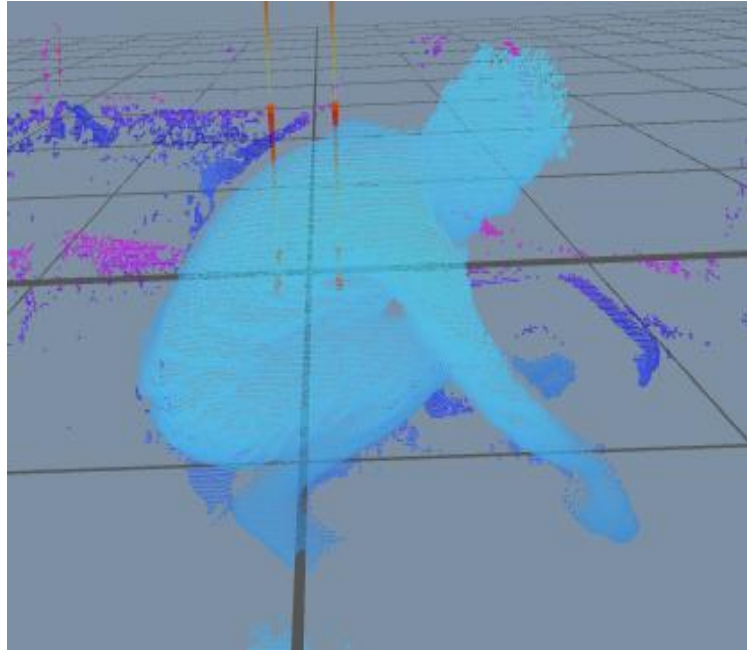
kegiatan atau aktivitas *fitter*. Bagian tubuh tersebut adalah tangan kanan dan punggung. Pada sub bab ini akan ditentukan lokasi peletakan sensor pada bagian tubuh yang melakukan gerakan utama. Akan ditentukan lokasi pemasangan sensor yang digunakan dengan pertimbangan pada lokasi tersebut terjadi perubahan gerakan yang signifikan sehingga mudah untuk dibedakan dengan kegiatan yang lainnya. Analisa penentuan lokasi peletakan sensor menggunakan video hasil *record* yang telah dilakukan menggunakan aplikasi perangkat lunak *iPi Mocap Studio*. Pada Gambar 4.63 merupakan hasil simulasi yang dilakukan dengan aplikasi perangkat lunak tersebut.



(a)



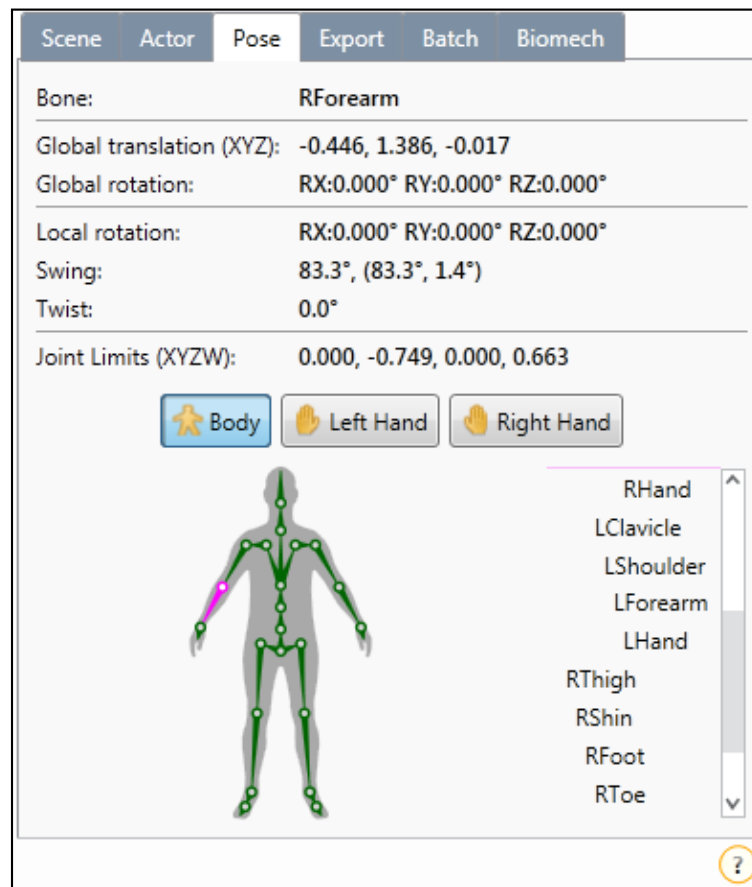
(b)



(c)

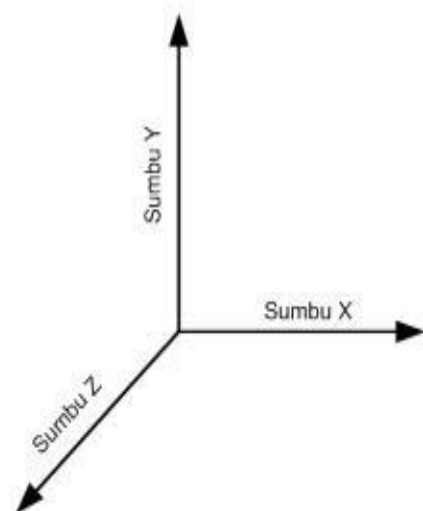
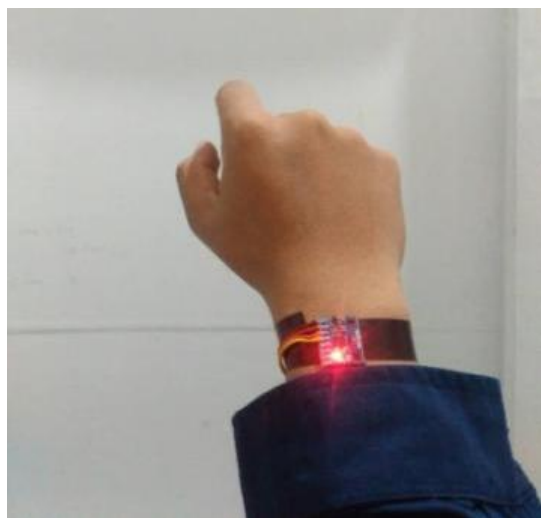
Gambar 4.63 Hasil Simulasi *iPi Recorder* Perubahan Gerakan pada Kegiatan Pemotongan Lurus dengan Menggunakan Skator: (a) gerakan pertama, (b) gerakan kedua, (c) gerakan ketiga.

Pada Gambar 4.62 menunjukkan gerakan tangan kanan pekerja yang menjadi gerakan utama dalam kegiatan pemotongan (*cutting*) lurus dengan skator. Penentuan bagian mana yang melakukan gerakan yang signifikan menggunakan aplikasi perangkat lunak ini dilakukan dengan cara memilih (dengan mengklik) tab menu *Pose* pada *iPi Mocap Studio*. Pada tab *Pose* akan diperlihatkan koordinat (axis) dari setiap sumbu yaitu x, y, dan z untuk tempat yang dipilih dalam satuan waktu tertentu. Informasi yang didapatkan adalah nilai koordinat translasi pada tab menu *Global Translation* dan juga nilai informasi rotasi pada tab menu *Global Rotation*. Terdapat 2 tempat yang disediakan oleh *iPi Mocap Studio* yang dapat dianalisa pada bagian tubuh tangan kanan yaitu *Right Fore Arm* (tangan kanan bagian bawah) dan *Right Shoulder* (tangan kanan bagian atas). Langkah yang sama dilakukan untuk penentuan posisi peletakan sensor pada bagian tubuh punggung. Terdapat 3 tempat yang dapat dijadikan untuk pemasangan sensor yang digunakan yaitu *Lower Spin* (punggung bawah), *Middle Spin* (punggung tengah), dan *Chest* (punggung atas). Gambar 4.64 menjelaskan tentang informasi yang didapatkan dari *iPi Mocap Studio*.

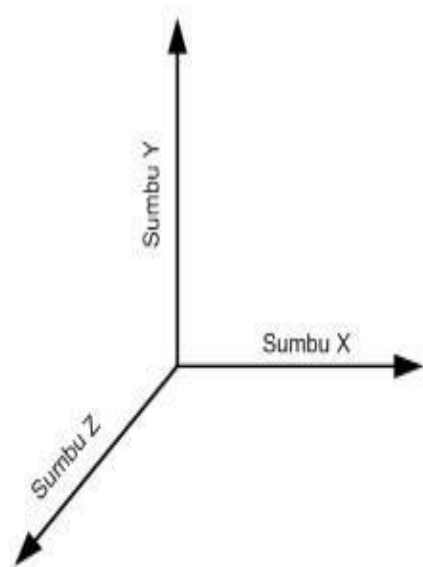


Gambar 4.64 Informasi yang didapatkan dari *iPi Mocap Studio*

Setelah dilakukan analisa pada bagian-bagian tubuh yang merupakan gerakan utama dari kegiatan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya ditentukan bahwa posisi atau letak bagian tubuh yang paling signifikan melakukan perubahan untuk semua kegiatan adalah bagian *Right Fore Arm* (tangan kanan bawah) dan *Lower Spin* (punggung bawah) seperti pada Gambar 4.65.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.65 Lokasi Peletakan: (a) Sensor *Gyroscope*, (b) Sensor *Accelerometer*, (c) *Arduino Uno*

Pertama yaitu sensor *accelerometer* pada *lower spin* (punggung bawah) berfungsi untuk menjustifikasi posisi dari *fitter*. Posisi berdiri, membungkuk, dan berjongkok dapat ditentukan dengan hasil *output* dari setiap sumbu pada modul sensor tersebut. Sedangkan sensor *gyroscope* digunakan untuk menentukan kegiatan yang dilakukan oleh *fitter*. Sensor *gyroscope* diletakan pada posisi bagian tubuh *right fore arm* (tangan kanan bawah) untuk menghasilkan *ouput* data percepatan terhadap sudut tertentu pada setiap sumbu. Dari data tersebut nantinya akan digunakan untuk melakukan justifikasi terhadap kegiatan atau aktivitas yang dilakukan oleh *fitter*.

4.5 Pengawasan Kinerja

Dalam proses pembangunan kapal setiap pemilik selalu mengharuskan adanya pengawasan dan pemeriksaan terhadap kinerja pekerja dalam setiap prosesnya. Pengawasan tersebut harus dilakukan untuk menjamin setiap pekerja bekerja dengan efektif sesuai dengan jam kerja yang telah ditentukan sebelumnya. Permasalahan yang terjadi saat ini adalah keterlambatan pengerjaan pembangunan kapal yang salah satu penyebabnya adalah efektivitas dan kinerja para pekerja. Banyak para pekerja yang masih belum menggunakan jam kerjanya secara maksimal yang menyebabkan tingkat efektivitas kinerja pekerja rendah. Selain itu kegiatan pengawasan juga dilakukan demi menjaga standar kualitas pengerjaan kapal tersebut sesuai dengan peraturan Biro Klasifikasi, spesifikasi teknis, kontrak, gambar/*drawing* dari kapal tersebut, dan standar dari pihak galangan tersebut. Untuk mempermudah pembagian aktifitas pengawasan dan pemeriksaan maka pihak galangan, pihak pemilik kapal, bersama pihak Biro Klasifikasi memiliki acuan yaitu *Inspection and Test Plan* (ITP) (Lasuardi & Triwilaswandio, 2016).

4.5.1 Alur Pengawasan Kinerja

Selain ITP (*Inspection and Test Plan*) terdapat juga prosedur pemeriksaan dimana terdapat alur pemeriksaan mulai dari intern galangan hingga ekstern galangan. Prosedur pemeriksaan meliputi:

a. Pengawasan Intern Galangan

Pengawasan intern galangan adalah pengawasan yang dilakukan oleh pihak galangan sendiri, oleh unit pengendalian mutu galangan. Pengawasan yang dilakukan pada tingkat bengkel dilakukan oleh kepala bengkel/kepala seksi, jika ditemukan kesalahan maka dilakukan perbaikan oleh pekerja. Apabila dalam pengerjaan sebuah blok atau bagian-bagian kapal lainnya dikerjakan oleh pihak subkontraktor maka hasil pengerjaan harus terlebih dahulu diperiksa oleh *supervisor/foreman* subkontraktor tersebut. Baru selanjutnya akan diperiksa pihak QC (*Quality Control*) dari galangan. Dalam kegiatan pengawasan di lapangan QC adalah penanggung jawab kualitas pengerjaan di kapal maupun di bengkel produksi dan QC juga merupakan pihak dari galangan yang memeriksa ketepatan (*accuracy check*) pengerjaan, jika tidak ditemukan kesalahan, maka pihak QC mengundang pihak QA (*Quality Assurance*) dengan membuat undangan pemeriksaan/pengawasan (UP).

b. Pengawasan Ekstern Galangan

Pengawasan ekstern galangan adalah pengawasan yang dilakukan oleh pengawas yang berasal bukan dari galangan itu sendiri dan pengawasan yang dilakukan setelah pengawasan internal galangan. Semua proses pembangunan kapal selalu diperiksa dan diawali terlebih dahulu oleh pihak galangan, selanjutnya pihak galangan akan mengundang pihak seperti Biro Klasifikasi, *Owner Surveyor*, dan *State Regulator* dengan menggunakan undangan pemeriksaan/pengawasan (UP) yang dibuat oleh QA (*Quality Assurance*) dari galangan tersebut.

4.5.2 Indikasi Pemeriksaan pada *Inspection and Test Plan*

Inspection and Test Plan merupakan standar/acuan pihak-pihak yang terlibat dalam proses pembangunan kapal dalam melakukan pengawasan maupun pemeriksaan. Oleh karena itu pemeriksaan harus dilaksanakan sesuai dengan bobot dari item pemeriksaan, berikut poin-poin penting dalam ITP:

1. “H” = *Hold Point*

“H” point adalah “*bobot tertinggi*” di dalam ITP ini dimana operasional pelaksanaan pada pemeriksaan ini tergantung kepada hasil pemeriksaan yang dilaksanakan pada item ini. Pihak-pihak yang hadir akan memutuskan persetujuan umum bila item yang diperiksa tersebut telah sesuai dengan gambar, spesifikasi teknis, dan standar yang berlaku. Tahapan/pekerjaan berikutnya dapat dilanjutkan setelah pemeriksaan dilaksanakan dan hasilnya dicatat. Bila terdapat komentar hasil pemeriksaan yang menjadi penghalang untuk melanjutkan pekerjaan berikutnya. Para pihak yang hadir dapat memutuskan untuk tidak mengijinkan tahap berikutnya dilanjutkan sampai dengan solusinya diselesaikan.

2. “W” = *Witness Point*

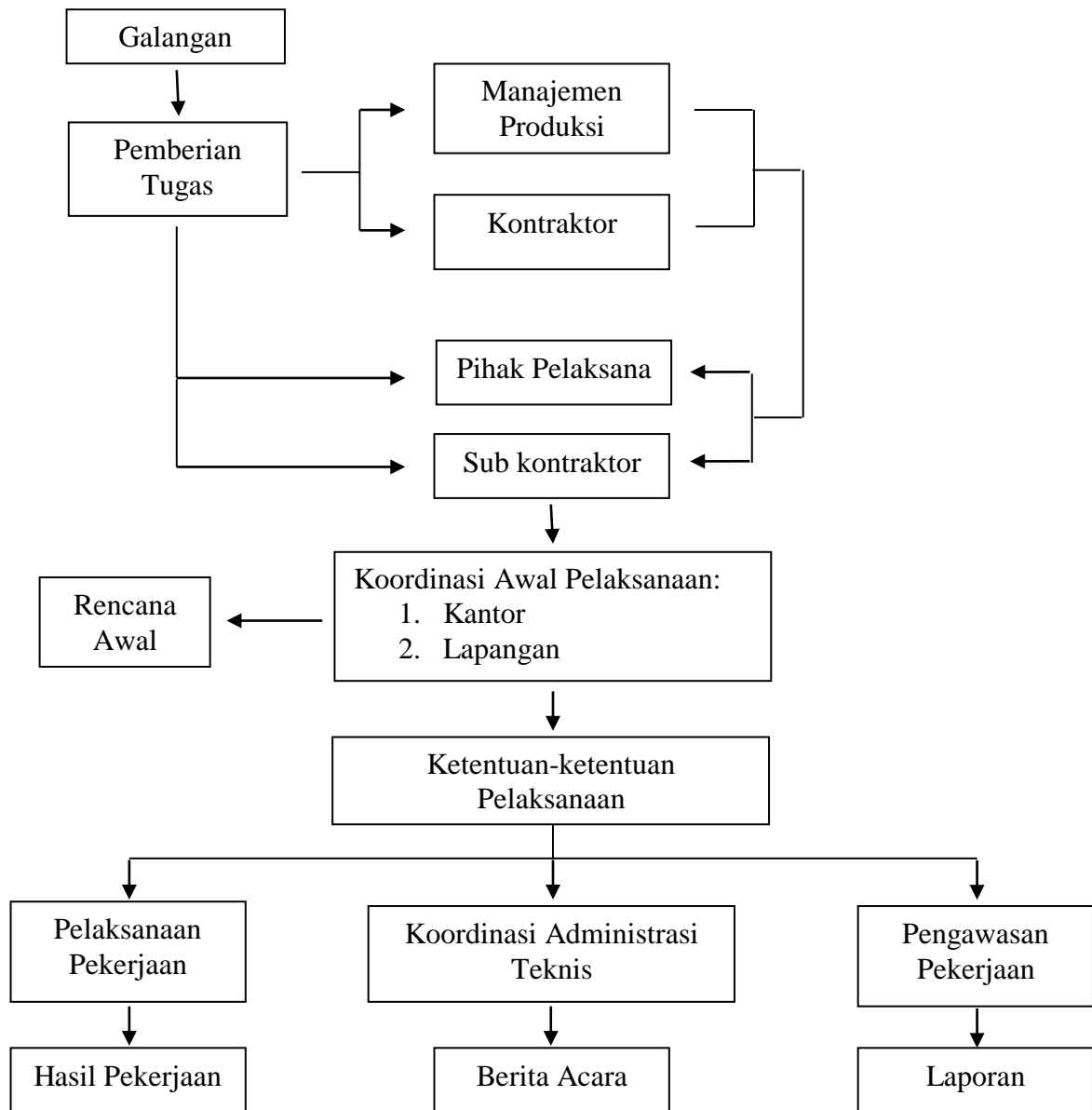
“W” point adalah bobot pemeriksaan dimana semua pihak yang terkait dalam pemeriksaan ini akan diundang secara tertulis dalam waktu yang wajar (minimal 1 hari sebelumnya), dan akan hadir bila tidak ada pemberitahuan secara tertulis.

3. “S” = *Random Point*

“S” point mengindikasikan kemungkinan dapatnya dilakukan pemeriksaan secara *random*. Selama proses produksi sebuah kapal semua pihak yang terkait boleh mengadakan pemeriksaan. Pemeriksaan tersebut dapat dilakukan dengan meminta kepada pihak galangan tetapi tidak bersifat kewajiban.

4. “R” = *Review Point*

“R” *point* merupakan poin yang mengacu pada rekomendasi untuk meninjau kembali laporan hasil pemeriksaan pada hasil produksi saat itu. Tinjauan ini akan menghasilkan item penilaian dibandingkan dengan spesifikasi teknis, gambar, standar, dan lain-lain



Gambar 4.66 Alur Pelaksanaan Pekerjaan
(Sumber: Lasuardi & Triwilaswandio, 2016)

Gambar 4.66 menjelaskan urutan alur pelaksanaan suatu pekerjaan mulai dari pemberian tugas/pekerjaan sampai dengan hasil pekerjaan yang di dalamnya terdapat proses pengawasan pekerjaan. Pada proses tersebut tahap pengawasan sangat berperan penting dalam menentukan hasil pekerjaan tersebut.

4.6 Pengawasan *Owner Surveyor* (OS)

Owner surveyor adalah seseorang yang melakukan pengawasan dan pemeriksaan pembangunan kapal baru untuk kepentingan pemilik kapal. Seorang *owner surveyor* akan menyarankan kliennya dalam hal ini adalah pemilik kapal dan biasanya akan melayani pemberitahuan mengenai progres pembangunan kapal. Di sini *owner surveyor* bertindak sebagai agen kepada pihak-pihak yang terkait dengan kontrak untuk memberikan nasehat dan perintah untuk kebutuhan kliennya sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam melaksanakan tugas dan fungsinya seorang *owner surveyor* harus memiliki pengetahuan dan pengalaman yang memadai, agar dalam melakukan pekerjaannya dapat dilakukan dengan maksimal. Selain itu *owner surveyor* juga memiliki tanggung jawab untuk melaporkan hasil pengawasan dan pemeriksaannya kepada klien dan pihak-pihak yang terkait dengan kontrak. Hasil laporan dari *owner surveyor* dapat digunakan sebagai bahan informasi untuk memutuskan keputusan yang didasarkan hasil pengawasan dan pemeriksaan *owner surveyor*.

4.7 Pengawasan *Quality Control* (QC)

Pengawasan kualitas adalah usaha memastikan apakah kebijakan dalam mutu atau kualitas dapat tercerminkan dalam hasil akhir kualitas sebagai jaminan. Dengan kata lain pengawasan kualitas merupakan usaha untuk mempertahankan kualitas dan barang-barang yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

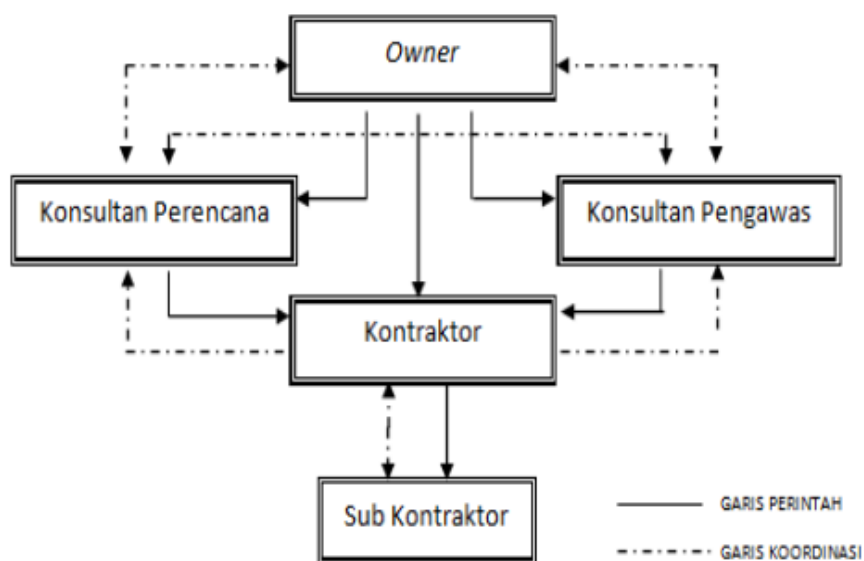
Faktor-faktor penting yang terdapat dalam kegiatan pengawasan kualitas yaitu menentukan atau mengurangi volume kesalahan dan perbaikan, menjaga menaikkan kualitas sesuai standar serta mengurangi keluhan klien. Untuk mengetahui apakah kualitas produk yang dihasilkan sesuai dengan yang direncanakan maka diperlukan adanya pengawasan setiap proses dari awal sampai dengan produk akhir. Dengan adanya *quality control*, perencanaan dan hasil akhir dapat diketahui sehingga kebijakan yang akan diambil berdasarkan objektivitas fakta. Untuk pelaksanaan proses produksi perusahaan harus menetapkan standar kualitas yang diperoleh, namun kenyataannya kegiatan produksi perusahaan mengalami hambatan-hambatan hal ini tercermin dengan adanya penyimpangan produk yang dihasilkan (*defective*), rusak atau cacat yang tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan permintaan klien. *Quality Control* (QC) sebagai alat pengawasan kualitas produksi dapat membantu perusahaan apakah produk yang dihasilkan masih berada dalam batas-batas control

atau tidak dari proses awal kualitas bahan, proses produk, produk akhir. Tujuan pengendalian kualitas adalah sebagai berikut:

1. Agar barang hasil produksi dapat mencapai standar kualitas yang ditetapkan.
2. Mengusahakan agar biaya inspeksi dapat menjadi sekecil mungkin.
3. Mengusahakan agar biaya disains produk dan proses dengan menggunakan kualitas produksi tertentu dapat menjadi sekecil mungkin.
4. Mengusahakan agar biaya produksi dapat menjadi serendah mungkin.

4.8 Pengawasan Pihak Ketiga (Subkontraktor)

Suatu proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Selain itu, proyek konstruksi juga memiliki karakteristik yaitu bersifat unik, membutuhkan sumber daya (*manpower, material, machines, money, method*), serta membutuhkan organisasi. Yang dimaksud dengan subkontraktor adalah pihak ketiga yang dilibatkan oleh pihak kontraktor utama untuk melaksanakan kewajiban-kewajiban tertentu yang terbit dari kontrak konstruksi antara pihak kontraktor utama dengan pihak *owner*, pekerjaan mana dilakukan oleh subkontraktor untuk dan atas nama pihak kontraktor utama. Untuk proyek berskala besar, praktek telah menunjukkan bahwa karena alasan-alasan efisiensi dan produktivitas, terdapat kecenderungan makin banyak paket kerja yang oleh kontraktor utama diserahkan kepada subkontraktor. Pada dasarnya, mengelola pekerjaan subkontraktor adalah sama dengan mengelola pekerjaan kontraktor atau kontraktor utama.



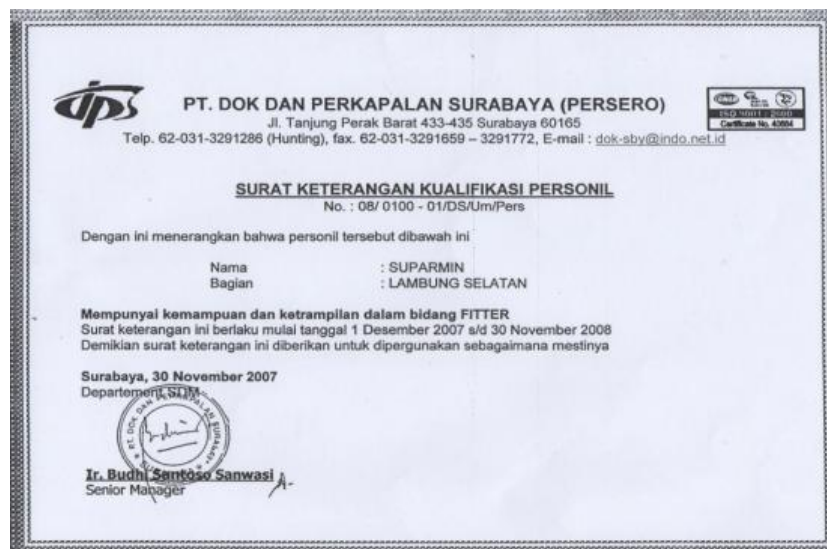
Gambar 4.67 Skema hubungan kerja unsur-unsur proyek
(Sumber: Lasuardi & Triwilaswandio, 2016)

Proses pengawasan yang dilakukan oleh pihak subkontraktor hanya bertanggung jawab kepada pihak kontraktor tanpa ada hubungannya dengan pihak yang lainnya. Oleh karena itu, hasil pekerjaan yang dilakukan oleh pihak subkontraktor sepenuhnya merupakan tanggung jawab dari pihak kontraktor seperti pada Gambar 4.67.

4.9 Sistem Pengawasan Pekerja Saat Ini

4.9.1 Penempatan Pekerja

Penempatan pekerja merupakan proses penugasan atau pengisian suatu jabatan maupun penugasan kembali seorang pekerja, karyawan, atau pegawai pada tugas atau jabatan baru atau berbeda seperti pada Gambar 4.68. Penugasan ini dapat berupa penugasan pertama untuk pegawai baru direkrut, tetapi dapat juga melalui promosi, pengalihan, dan penurunan jabatan atau bahkan pemutusan hubungan kerja. Perusahaan harus selalu berusaha untuk memperoleh dan menempatkan pekerja yang berkualitas pada setiap jabatan dan pekerjaan supaya pelaksanaan seleksi yang baik, pekerja berdaya guna serta berhasil guna. Dengan pelaksanaan seleksi yang baik, pekerja yang diterima atau ditempatkan akan lebih berkualitas sehingga pembinaan, pengembangan, dan pengaturan pekerja menjadi lebih baik. Seleksi untuk setiap penerimaan pekerja baru harus dilakukan secara cermat, jujur, dan objektif supaya diperoleh pekerja yang berkualitas dan penempatannya tepat.



Gambar 4.68 Contoh Surat Keterangan Kualifikasi Pekerja
(Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2012)

Seorang pekerja akan mendapatkan penempatan sesuai dengan ketrampilan yang dimiliki oleh pekerja tersebut. Seorang *fitter* yang mempunyai ketrampilan dan memenuhi kualifikasi untuk menjadi seorang *fitter* akan ditempatkan oleh *Senior Manager* untuk bekerja sesuai dengan ketrampilan yang dimiliki tersebut. Ketrampilan dan kualifikasi yang dimiliki oleh

seorang fitter ditunjukan dengan sertifikat yang dikeluarkan oleh lembaga yang berwenang seperti pada Gambar 4.69.



Gambar 4.69 Contoh Sertifikat Pekerja
(Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2014)

Pertimbangan penempatan tersebut berdasarkan kebutuhan dari proses pekerjaan yang sedang dikerjakan. Yang dapat mempengaruhi kinerja pekerja adalah *placement* atau penempatan kerja karena merupakan faktor penting yang dapat menghasilkan pendayagunaan sumber daya manusia (SDM) yang optimal bagi perusahaan sehingga dapat tercapainya tujuan perusahaan.



Gambar 4.70 Contoh Surat Penempatan Tenaga Kerja
(Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2012)

**DAFTAR PERSONIL FITTER
" LAMBUNG SELATAN "**

| No | NK | Nama | Bagian | Keterangan | No | NK | Nama | Bagian | Keterangan |
|----|-----|-----------------|------------|------------------|----|-----|------------------|---------|------------|
| 1 | | Mariyono | MANAGER | | 40 | 858 | Sumaryono | FITTER | |
| 2 | | Dapit | SUPERVISOR | | 41 | 876 | Supripto | FITTER | |
| 3 | | Syahid Rahman | SUPERVISOR | | 42 | 880 | Suparmin | FITTER | |
| 4 | | Lusiyanto | SUPERVISOR | | 43 | 881 | Adi Pradiho | FITTER | |
| 5 | | Muslihah | FORESMAN | | 44 | 29 | Ismail | BENDONG | |
| 6 | | Abdul Hani | FORESMAN | | 45 | 33 | Totok Kimsayanto | BENDONG | |
| 7 | | Samiyato | FORESMAN | | 46 | 215 | Umar | BENDONG | |
| 8 | | Moch. Alvin | FORESMAN | | 47 | 228 | Sapuan | BENDONG | |
| 9 | | Rugeng Widodo | FORESMAN | | 48 | 48 | Budi Santono | CNC | |
| 10 | | Marvi | FORESMAN | | 49 | 58 | Riyanto | CNC | |
| 11 | 4 | Achmad Hadi | FITTER | Megang di Jepang | 50 | 17 | Kasir | PLASIR | |
| 12 | 10 | Bambang Butikno | FITTER | | 51 | 22 | Moch. Aswat | KASAB | |
| 13 | 14 | Zaimal Arifin | FITTER | | 52 | 888 | Achmad Munawir | KASAB | |
| 14 | 15 | Achmad Yani | FITTER | | | | | | |
| 15 | 25 | Nawar | FITTER | | | | | | |
| 16 | 27 | Moch. Efendi | FITTER | | | | | | |
| 17 | 28 | Eko Purnomo | FITTER | | | | | | |
| 18 | 38 | Kasas | FITTER | Megang di Jepang | | | | | |
| 19 | 41 | Akhir Supriyadi | FITTER | | | | | | |
| 20 | 44 | Rugeng Agrianto | FITTER | Megang di Jepang | | | | | |
| 21 | 50 | Apaq Prasetyo | FITTER | | | | | | |
| 22 | 51 | Kaslin | FITTER | | | | | | |
| 23 | 62 | Abd Manab | FITTER | | | | | | |
| 24 | 104 | Maksum | FITTER | | | | | | |
| 25 | 105 | Munawar | FITTER | | | | | | |
| 26 | 140 | Ita L S | FITTER | | | | | | |
| 27 | 158 | Kasadi | FITTER | | | | | | |
| 28 | 218 | Moch. Syafi | FITTER | | | | | | |
| 29 | 218 | Manal | FITTER | | | | | | |
| 30 | 227 | Akhsander | FITTER | | | | | | |
| 31 | 817 | Suri | FITTER | | | | | | |
| 32 | 830 | Suratin | FITTER | | | | | | |
| 33 | 838 | Hadiho | FITTER | | | | | | |
| 34 | 880 | Moch. Sudhi | FITTER | | | | | | |
| 35 | 883 | Cholil | FITTER | | | | | | |
| 36 | 884 | Sayudi | FITTER | | | | | | |
| 37 | 877 | Husamin | FITTER | | | | | | |
| 38 | 880 | Budi Nugroho | FITTER | | | | | | |
| 39 | 822 | Hurhayadi | FITTER | | | | | | |

Surabaya, 9 Januari 2008
Manager Lambung Selatan
(HARRYONO)

Gambar 4.71 Contoh Daftar Tenaga Kerja yang Ditempatkan
(Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2012)

4.9.2 Pengawasan Pekerja

Form pengawasan merupakan form yang dikeluarkan oleh pihak pengawas dalam hal ini adalah pengawas intenal maupun eksternal yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya sebagai acuan seorang *owner* dalam melakukan pengecekan terhadap proses yang sedang dikerjakan dalam pembangunan kapal tersebut seperti pada Gambar 4.72. Berikut penulis akan menampilkan contoh *form* pengawasan yang diperoleh dari PT. Dok dan Perkapalan Surabaya.

PT. Dok & Perkapalan Surabaya (Parsent)
Telp. 3291288 ; 3291882
Jl. Pank Bunt 433 - 435
SURABAYA

PHYSICAL PROGRESS REPORT
Project = KAPAL TUNDA 2 X 1800 HP
Building No = N.10883
Shipyard = PT. Dok Dan Perkapalan Surabaya (Parsent)
Owner = PT. PELINDO I
Work Group = Hull Construction
Percent Standard = 23,8
Period = End Maret '10

| NO | BLOCK DIVISION | STANDARD (%) | REALIZATION PROGRESS THIS MONTH | | | | | | | | | | | | | PHYSICAL PROGRESS | | |
|----|----------------|--------------|---------------------------------|--------|--------|--------|-------------|-------|-------|----------|----|----|----------|----|----|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| | | | NATURAL ERECTION | | | | FABRICATION | | | ASSEMBLY | | | ERECTION | | | Project Realization (%) | Project Real Last Month (%) | Project Progress (%) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| 1 | BLOCK 1 | 15,08 | 3,77 | 100,00 | 100,00 | | | | | | | | | | | 2,28 | 2,28 | |
| 2 | BLOCK 2 | 13,02 | 3,48 | 100,00 | 100,00 | | | | | | | | | | | 2,89 | 2,89 | |
| 3 | BLOCK 3 | 17,33 | 4,33 | 100,00 | 100,00 | | | | | | | | | | | 3,80 | 3,80 | |
| 4 | BLOCK 4 | 17,37 | 4,39 | 100,00 | 100,00 | 180,00 | 75,00 | 75,00 | 30,00 | 30,00 | | | | | | 3,16 | 3,16 | |
| 5 | BLOCK 5 | 12,45 | 3,10 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 25,00 | | | | | | | | | 2,94 | 2,94 | |
| 6 | BLOCK 6 | 6,00 | 1,50 | 100,00 | 100,00 | | | | | | | | | | | 5,80 | 5,80 | |
| 7 | BLOCK 7 | 5,73 | 1,43 | 100,00 | 100,00 | | | | | | | | | | | 5,85 | 5,85 | |
| 8 | BLOCK 8 | 4,43 | 1,11 | 100,00 | 100,00 | | | | | | | | | | | 5,88 | 5,88 | |
| 9 | BLOCK 9 | 4,18 | 1,04 | 100,00 | 100,00 | | | | | | | | | | | 5,75 | 5,75 | |
| 10 | BLOCK 10 | 2,58 | 0,65 | 100,00 | 100,00 | | | | | | | | | | | 0,30 | 0,30 | |
| | TOTAL | 180,08 | 25,08 | | | | | | | | | | | | | 15,71 | 15,30 | |

MENGETAHUI,
PT. PELINDO I PT. SUCOFINDO
Owner Surveyor Konsultan
JOHAN A. Site Manager
SYAFUL South Yard Manager
YUDHA EKA R. Production Planning

SURABAYA, 31 MARET 2010
PT. DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA (PERSERO)

Gambar 4.72 Contoh Form Pengawasan
(Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2012)

Pada Gambar 4.72 merupakan salah satu jenis form pengawasan yang dikeluarkan oleh pihak kontraktor dalam hal ini adalah pihak galangan yang biasa digunakan oleh *owner surveyor* dalam melakukan kegiatan pengawasan. *Form* pengawasan ini merupakan salah satu bentuk laporan progres pembangunan kapal yang sedang dilakukan. Sedangkan untuk melakukan pengawasan terhadap pekerja dilakukan dengan cara pemberian WBS (*Work Breakdown Structures*) atau surat perintah kerja yang dikeluarkan oleh setiap manager bagian seperti lambung (*hull construction*), *pipping* (sistem perpipaan), *outfitting* (perlengkapan), dan lain sebagainya. Surat perintah tersebut diberikan kepada pihak ketiga (subkontraktor) yang akan melakukan pekerjaannya. Selain kepada pihak ketiga surat perintah kerja tersebut juga bisa diberikan kepada kontraktor dalam hal ini pihak galangan apabila galangan tersebut mempunyai tanggung jawab dalam proses pembangunan kapal. Gambar 4.73 merupakan contoh *Work Breakdown Structure* (WBS) yang dikeluarkan oleh pihak Manager Lambung (*Hull Construction*) dari PT. Dok dan Perkapalan Surabaya.

Gambar 4.73 *Work Breakdown Structure* (WBS)
(Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2012)

Work Breakdown Structures (WBS) yang merupakan surat perintah kerja yang dikeluarkan oleh pihak kontraktor (galangan) kepada pihak pelaksana pekerjaan (subkontraktor). Dalam form ini terdapat informasi mengenai nama kapal, pemilik kapal, kode pembangunan, serta tanggal mulai dan selesai pekerjaan. Di dalam form tersebut juga terdapat kegiatan pekerjaan serta detail pekerjaan tersebut dimana terdapat pula pihak yang akan mengerjakan pekerjaan tersebut. Durasi pada form tersebut menyatakan waktu yang harus diselesaikan untuk mengerjakan proses pekerjaan tersebut.

Pihak pelaksana pekerjaan (subkontraktor) akan melakukan pekerjaan dengan menggunakan sumber daya manusiayag dimilikinya. Pihak tersebut akan menunjuk pekerjanya untuk melakukan pekerjaan tersebut. Penunjukan terhadap pekerja yang mempunyai ketrampilan atau mempunyai *jobdesk* sesuai dengan proses pekerjaan yang akan dilakukan. Selanjutnya pekerja tersebut akan menerima penugasan yang tela diberikan kepadanya dan akan melaksanakan pekerjaan tersebut. Setiap pekerja akan mempunyai *record* jurnal yang dikeluarkan oleh setiap manager bagian yang mengumpulkan setiap pekerjaan yang telah dikerjakan oleh pekerja tersebut. Dalam *From record* jurnal tersebut terdapat informasi mengenai nama pekerja, *grade* (tingkat kesulitan), *project* atau nama kapal tempat melakukan pekerjaan, nomor *project* atau kode pembangunan kapal, *kind of job* atau jenis pekerjaan yang dilakukan, serta keterangan waktu mulai dan selesainya pekerjaan. Form tersebut dikeluarkan setiap satu bulan sekali. Gambar 4.74 merupakan contoh *record* jurnal pekerjaan yang dikeluarkan oleh PT. Dok dan Perkapalan Surabaya.

| PT. DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA | | RECORD JURNAL WELDER SEPTEMBER 2012 | | | | Bagian : Lambung Selat | | |
|---------------------------------|---------------|--|---------|-------|------------------|----------------------------|------------------|-------------------|
| NO | NAMA | WELDER CERTIFICATE | PROCESS | GRADE | PROJECT NO PROJ. | KIND OF JOB | WORKING POSITION | REMARKS |
| | Rahman Satrio | | | | 46. KARAP | ADG 102 | Pondasi MSA | 14.09.12 |
| | | | | | | KORSI 2.304.035 | 14.09.12 | 14.09.12 14.09.12 |
| | | | | | | Pondasi SEM WELDER PULPUMP | 14.09.12 | 14.09.12 14.09.12 |
| | | | | | | VERMILASI CEMENTATOR | 14.09.12 | 14.09.12 14.09.12 |
| | | | | | ELANUS: NIKROB | LB. BUKIT (C) | 14.09.12 | 14.09.12 |
| | | | | | | LB. BUKIT (C) | 14.09.12 | 14.09.12 14.09.12 |
| | | | | | | PEDESTAL | 14.09.12 | 14.09.12 |
| | | | | | | SS BUKIT (C) | 14.09.12 | 14.09.12 |
| | | | | | | PEDESTAL 257 | 14.09.12 | 14.09.12 14.09.12 |

Manager Binbang
Manager Lambung Selat
Surabaya, 20
Welding Inspector
(Amarta : A)

Gambar 4.74 *Record* Jurnal Pekerjaan
(Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2012)

4.9.3 Laporan Pengawasan

Laporan pengawasan merupakan laporan yang diperoleh dari hasil pengwasan yang ada di lapangan. Laporan ini juga merupakan hasil dari pengolahan *form* pengawasan dari pihak pengawas kepada setiap pekerja yang melakukan pekerjaan. Informasi tersebut diberikan setiap satu bulan sekali yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang untuk setiap rencana dan realisasi yang terjadi. Selain laporan pengawasan tersebut juga terdapat laporan pengawasan dalam bentuk *Summary Progress* atau progres pembangunan kapal secara umum yang dilakukan seperti pada Gambar 4.75. Selain itu juga terdapat *Approval drawing* yang

merupakan progres pekerjaan *drawing* yang sudah dilakukan oleh pihak galangan seperti pada Gambar 4.76. Dan yang terakhir adalah *Work Preparation* yang merupakan satuan proses pekerjaan yang akan dilakukan seperti pada Gambar 4.77. Semua laporan tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan setiap progresnya ditulis dalam bentuk persen (%). Dari laporan tersebut juga dapat memberikan informasi mengenai hasil pekerjaan yang dilakukan oleh setiap pekerja dalam setiap tahapan proses pekerjaan. Secara tidak langsung dapat mengetahui apakah pekerja tersebut melakukan pekerjaan sesuai dengan apa yang telah ditugaskan kepada pekerja tersebut.

PT. Dok & Perkapalan Surabaya (Persero)
Telp. 3291286 - 3291562
Jl. Penak Barat 433 - 435
SURABAYA

SUMMARY OF PHYSICAL PROGRESS
Project = KAPAL TUNDA 2 X 1000 HP
Building No = N.10903
Shipyard = PT. Dok Dan Perkapalan Surabaya (Persero)
Owner = PT. PELINDO I
Period = END MARET 2010

| NO | WORK GROUP | STANDARD (%) | PHYSICAL PROGRESS | | | |
|-------|---------------------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|
| | | | Group Realization (%) | Project Realization (%) | Project Real. Last Month (%) | Project Progress (%) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| I | Design & Approval Drawing | 5,00 | 3,19 | 0,10 | - | 0,10 |
| J | Work Preparation & General | 9,00 | 23,90 | 1,15 | - | 1,15 |
| III | Hull construction | 26,00 | 62,82 | 15,71 | - | 15,71 |
| IV | Hull Outfitting | 9,00 | - | - | - | - |
| V | Piping & Valve | 5,00 | - | - | - | - |
| VI | Machinery Outfitting | 45,00 | 25,20 | 11,37 | - | 11,37 |
| VII | Electric Outfitting | 3,00 | - | - | - | - |
| VIII | Painting & Corrosion Protection | 2,00 | - | - | - | - |
| IX | Spare part & Inventory | 1,00 | - | - | - | - |
| TOTAL | | 100,00 | | 39,38 | - | 25,38 |

MENGETAHUI,
PT. PELINDO I PT. SUCOFINDO
Owner Surveyor Consultan

SURABAYA, 31 MARET 2010
PT. DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA (PERSERO)
CWI SATWIDJAN, SLAMET RIYADI, AHMIL ABDULLAH
Production Senior Man. Project Officer Coord. P.P.C. Senior Man.

Gambar 4.75 Contoh Laporan Pengawasan *Summary Progress* (Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2012)

PT. Dok & Perkapalan Surabaya (Persero)
Telp. 3291286 - 3291562
Jl. Penak Barat 433 - 435
SURABAYA



SUMMARY OF PHYSICAL PROGRESS


| | | |
|------------------|---|---|
| Project | = | KAPAL TUNDA 2 X 1000 HP |
| Building No | = | N.10903 |
| Shipyard | = | PT. Dok Dan Perkapalan Surabaya (Persero) |
| Owner | = | PT. PELINDO I |
| Work Group | = | DESIGN / APPROVALDRAWING |
| Percent Standard | = | 5,00 |
| Period | = | End Maret '10 |


| NO | ITEM | REALIZATION OF PRESENT MONTH | | | | | | PHYSICAL PROGRESS | |
|-------|-----------------------------|------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | | Group (%) | Project (%) | Design Approval 30,0% | Owner Approval 25,0% | Class Approval 25,0% | Doc. Issued 20,0% | Total Project Realization (%) | Project Real. Last Month (%) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
| 1 | General Part | 10 | 0,75 | 25 | 25 | - | - | 0,30 | 0,10 |
| 2 | Hull Construction Part | 15 | 0,75 | 25 | - | - | - | 0,06 | 0,06 |
| 3 | Hull Outfitting Part | 15 | 0,75 | - | - | - | - | - | - |
| 4 | Piping & Valve | 15 | 0,75 | - | - | - | - | - | - |
| 5 | Machinery & Outfitting Part | 10 | 0,75 | - | - | - | - | - | - |
| 6 | Electric & Navigation Part | 10 | 0,75 | - | - | - | - | - | - |
| 7 | Final Drawing | 10 | 0,50 | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | | 100 | 5,50 | | | | | 0,16 | 0,16 |


MENGETAHUI,
PT. PELINDO I PT. SUCOFINDO

SURABAYA, 31 MARET 2010
PT. DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA
(PERSERO)


Owner Surveyor

Consultan


Johan Arief
Site Manager


Indra H
Engineering Manager


YUSHA EKA R.
Production Planning

Approval Drawing / Page 2

Gambar 4.76 Contoh Laporan Pengawasan *Approval Drawing* (Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2012)

PT. Dok & Perkapalan Surabaya (Persero)
Telp. 3291286 ; 3291562
Jl. Perak Barat 433 - 435
SURABAYA

PHYSICAL PROGRESS REPORT
Project = KAPAL TUNDA 2 X 1000 HP
Building No = N.10603
Shipyard = PT.Dok Dan Perkapalan Surabaya (Persero)
Owner = PT. PELINDO I
Work Group = Work preparation & General
Percent Standard = 5,00
Period = End Maret '10

| NO | ITEM | STANDARD | | REALIZATION OF PRESENT MONTH | PHYSICAL PROGRESS | | |
|--------------|---------------------------|---------------|-------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|
| | | Group (%) | Project (%) | Realization | Total Project Realization (%) | Project Real. Last Month (%) | Project Progress (%) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| 1 | SIGNING CONTRACT | 10,00 | 0,50 | 100 | 0,50 | | 0,50 |
| 2 | KICK OF MEETING | 5,00 | 0,15 | 100 | 0,15 | | 0,15 |
| 3 | FIRST CUTTING | 10,00 | 0,50 | 100 | 0,50 | | 0,50 |
| 4 | MODEL TEST | 5,00 | 0,25 | | - | | - |
| 5 | KEEL LAYING | 10,00 | 0,50 | | - | | - |
| 6 | LAUNCHING | 10,00 | 0,50 | | - | | - |
| 7 | COMMISSIONING & TESTING | 15,00 | 0,75 | | - | | - |
| 8 | FAMILIARIZATION WITH CREW | 5,00 | 0,25 | | - | | - |
| 9 | FINAL DOCKING | 5,00 | 0,25 | | - | | - |
| 10 | SEA TRIAL | 12,00 | 0,60 | | - | | - |
| 11 | PERLUNAN & DOKUMENTASI | 5,00 | 0,25 | | - | | - |
| 12 | FINISHING/DELIVERY | 10,00 | 0,50 | | - | | - |
| TOTAL | | 100,00 | 5,00 | | 1,15 | - | 1,15 |

MENGETAHUI
PT.PELINDO I PT.SUCOFINDO

[Signature] *[Signature]*
Owner Surveyor Konsultan

SURABAYA, 31 MARET 2010
PT. DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA
(PERSERO)

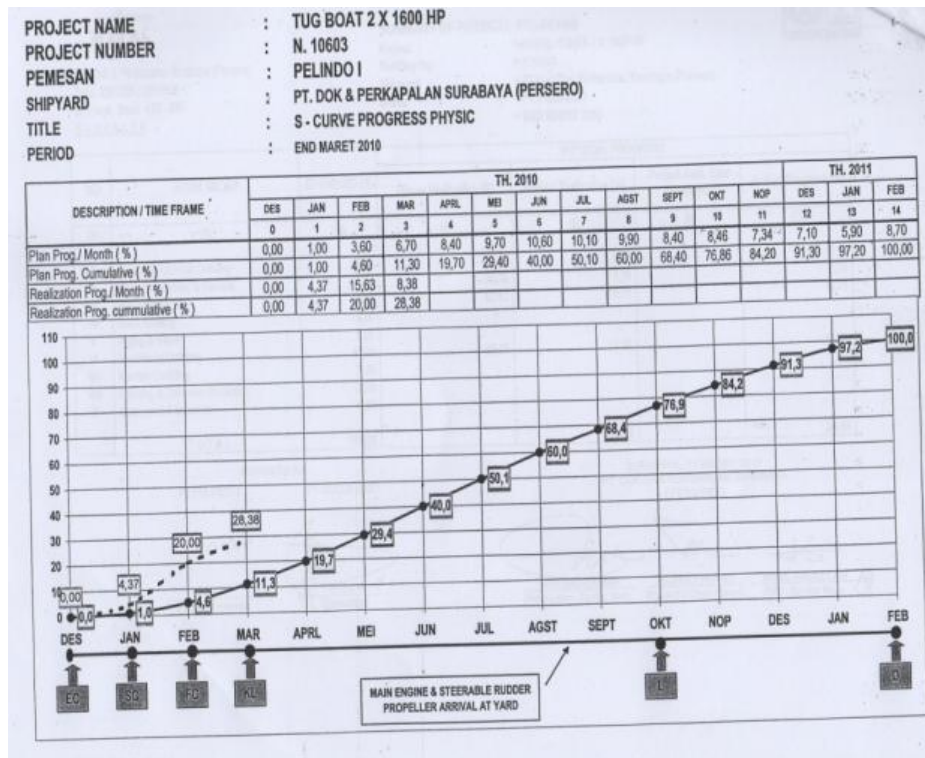
[Signature] *[Signature]*
JOHAN A YUHA EKA R.
Site Manager Production Planning

Work-Prep / Page 3

Gambar 4.77 Contoh Laporan Pengawasan *Work Preparation*
(Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2012)

4.9.4 Perhitungan Pengawasan Pekerja pada Pembangunan Kapal Baru

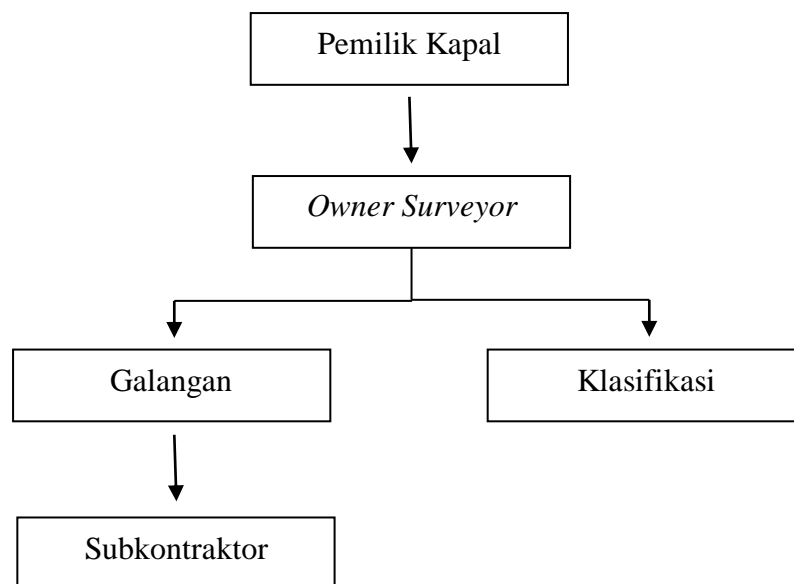
Dalam proses pengawasan pembangunan kapal baru, perhitungan progres pembangunan kapal baru gunanya untuk memperoleh termin pembayaran *owner* kepada pihak galangan kapal. Besarnya termin pembayaran sesuai dengan kesepakatan *owner* dan galangan kapal. Termin bisa turun apabila progres pengerjaan pembangunan kapal telah tercapai. Perhitungan progres inilah yang saat ini dijadikan acuan untuk melakukan pengawasan terhadap pekerja yang sedang melakukan pengerjaan pembangunan kapal baru seperti pada Gambar 4.78. Perhitungan progres pembangunan kapal baru yang ada saat ini menggunakan prosentase. Prosentase didapat dari *total cost* pembangunan kapal dibagi biaya per *work group* dikalikan 100%. Prosentase inilah yang menunjukkan apakah pada proses tersebut terdapat proses yang sedang dikerjakan. Perhitungan dilakukan secara langsung melihat apa yang terjadi di lapangan.



Gambar 4.78 Contoh Form Pengawasan dengan Prosentase
 (Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2012)

4.9.5 Proses Penyampaian Laporan Pengawasan

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai proses penyampaian laporan pengawasan dari pihak pelaksana pekerjaan (kontraktor) kepada pemilik kapal atau *owner* yang akan dicontohkan dalam Gambar 4.79.



Gambar 4.79 Diagram Alir Proses Penyampaian Laporan Pengawasan
 (Sumber: Lasuardi & Triwilaswandio, 2016)

4.9.6 Kelemahan Pengawasan Pekerja Pembangunan Kapal Baru Saat Ini

Pada bagian ini akan dijelaskan apa saja yang menjadi kelemahan dalam sistem yang ada saat ini pada proses pengawasan pekerja. Dalam melakukan pengawasan, seorang pengawas dari sebuah galangan yang cukup besar (melakukan pembangunan lebih dari satu) biasanya mengawasi lebih dari satu pembangunan kapal. Seain itu semakin berkembangnya industri perkapalan nasional membuat permintaan dalam melakukan pembangunan kapal baru meningkat sehingga akan banyak sekali pekerja yang terlibat dalam pembangunan tersebut. Penambahan jumlah pengawas dalam pembangunan kapal baru merupakan salah satu solusi bagi kegiatan pengawasan sehingga dapat melakukan pengawasan secara menyeluruh. Akan tetapi perbandingan antara jumlah pengawas dengan pekerja yang diawasi masih sangat terlalu jauh. Hal inilah yang membuat proses pengawasan terhadap pekerja masih kurang efektif dan menyeluruh.

Proses pengawasan terhadap pekerja saat ini dilakukan secara langsung dengan melihat apa yang terjadi di lapangan. Apabila pengawas tersebut tidak melakukan pengawasan tentu pengawas tidak mengetahui apa yang sedang dilakukan oleh pekerja. Selain itu laporan pengawasan juga masih dilakukan secara manual dengan lembaran pengawasan yang akan diisi sesuai dengan kenyataan yang terjadi di lapangan. Banyak kejadian dimana para pekerja tidak melakukan pekerjaannya pada saat pengawas tidak melakukan pengawasan. Hal ini tentu akan mengurangi produktivitas pekerja tersebut dan akan sangat berpengaruh terhadap progres pembangunan kapal.

BAB 5

PERANCANGAN APLIKASI

5.1 Program Aplikasi Arduino

Program aplikasi yang digunakan untuk *hardware arduino uno* merupakan program *open source*. Program ini digunakan untuk memberikan perintah kepada *board arduino uno* untuk menghasilkan data *output* yang dikehendaki. Dalam penelitian tugas akhir ini data *output* yang diinginkan adalah data *motion* yang ditangkap oleh sensor *accelerometer* dan *gyroscope* pada semua sumbu. Perintah dimasukan ke dalam *board* dalam bentuk *sketch* (program) yang telah dibuat sebelumnya. *Sketch* (program) tersebut menggunakan bahasa pemrograman C yang dapat menerjemahkan perintah ke dalam suatu *coding* pemrograman. Berikut akan dijelaskan cara yang dilakukan untuk menggunakan *software* aplikasi perangkat lunak *arduino uno*.

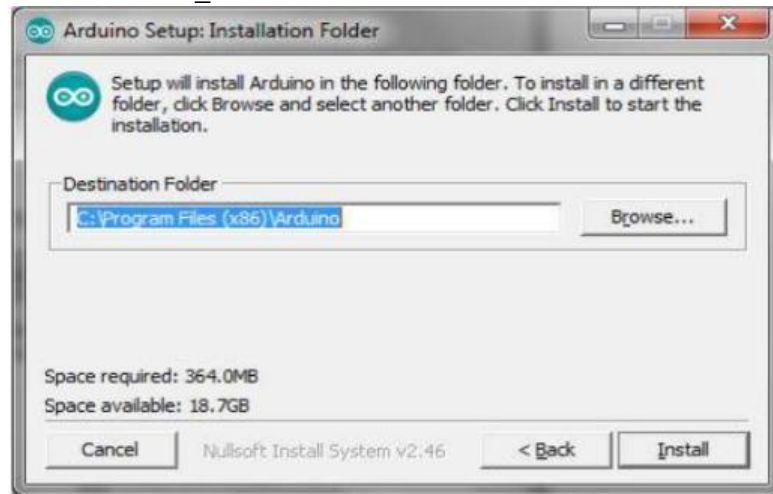
5.1.1 Penjelasan Umum Program Aplikasi

Aplikasi yang akan digunakan dalam melakukan pengawasan dengan menggunakan modul sensor adalah aplikasi *Arduino IDE*. Aplikasi ini merupakan aplikasi yang dimiliki oleh *arduino* untuk memasukan atau *input* perintah yang diinginkan ke dalam *arduino* yang digunakan. Bahasa pemrograman pada *Arduino IDE* ini adalah C++ yang diterjemahkan oleh *arduino* sebagai perintah yang harus dilakukan. Aplikasi perangkat lunak *Arduino IDE* yang digunakan adalah *Arduino IDE* versi 1.6.9 yang merupakan aplikasi *open source*. Sebelum dapat menggunakan aplikasi perangkat lunak *Arduino IDE* tersebut maka terlebih dahulu harus melakukan instalasi aplikasi perangkat lunak seperti berikut.

5.1.2 Instalasi Software Arduino IDE

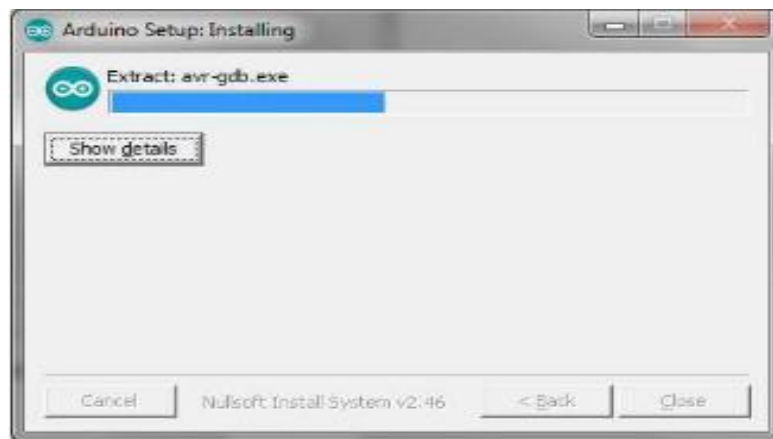
Sebelum melakukan instalasi, terlebih dahulu harus mempunyai file aplikasi *Arduino IDE* yang akan digunakan. Caranya dapat dengan melakukan *download* atau pengunduhan data. *Download* atau pengunduhan data dilakukan secara *free* atau tidak berbayar karena aplikasi perangkat lunak ini bersifat *open source*. Untuk melakukan instalasi ini dapat dilakukan dengan beberapa langkah antara lain sebagai berikut.

1. Double klik instalasi *arduino_IDE.exe*.



Gambar 5.1 Proses Awal Instalasi *Arduino IDE*

2. Klik *Install* untuk memulai proses instalasi *software Arduino IDE* yang ditunjukkan pada Gambar 5.1. Kemudian akan muncul jendela seperti pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Proses Instalasi Berlangsung

3. Apabila muncul *Install Arduino USB Driver* klik *Always Trust* dan *Install* seperti pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Menu *Install Driver USB Arduino*

4. Setelah selesai proses instalasi, langkah pertama yang dilakukan adalah dengan klik *icon arduino* pada *desktop* komputer. Setelah program melakukan *load* maka akan terlihat bentuk tampilan seperti Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Tampilan *Sketch Arduino 1.6.9*

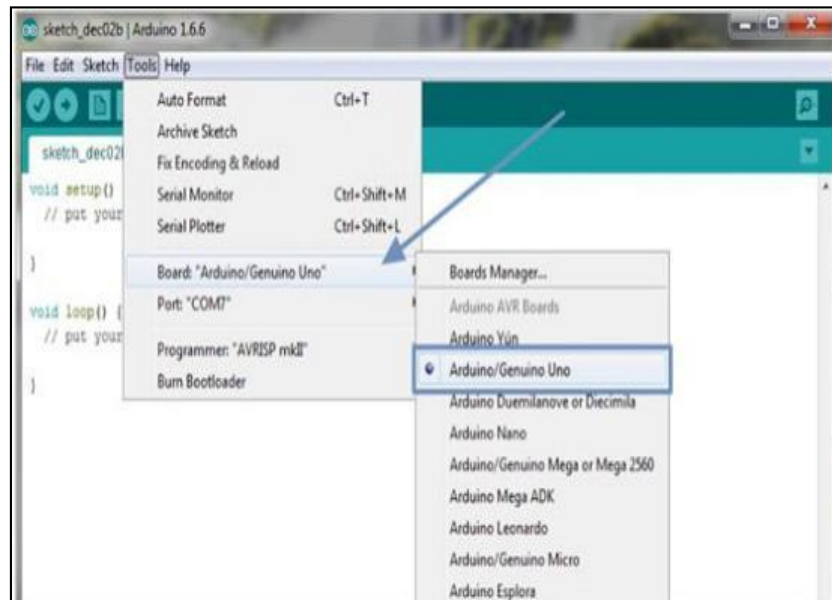
5.1.3 Perancangan Bahasa Pemrograman pada *Arduino IDE*

Struktur program *sketch arduino* sama dengan struktur pemograman bahasa C untuk mikrokontroller, namun bahasa pemograman *sketch arduino* jauh lebih sederhana bila dibandingkan dengan bahasa program C untuk mikrokontrller. Pada pemograman bahasa C untuk mikrokontroller seperti program *AVR Studio4*, sebulum membuat program utama, terlebih dahulu harus mengatur register-register mikrokontroller yang akan kita gunakan sesuai dengan program utama yang akan dibuat. Lain halnya dengan program *sketch arduino*, proses pengaturan *register* mikrokontroller telah disediakan dalam bentuk prototipe program yang tidak ditampilkan dalam program *sketch*. Program-program ini tinggal dipanggil pada saat kita akan membuat menulis program *sketch*. Sebelum membuat *sketch* (program) pada *arduino* maka harus melakukan penentuan jenis *board* dan *port* yang akan digunakan. Adapun langkah proses tersebut adalah sebagai berikut.

5.1.3.1 Penentuan *Board Arduino IDE*

Pemrograman *board Arduino* dilakukan dengan menggunakan *Arduino IDE*. Chip *ATmega328* yang terdapat pada *Arduino Uno R3* telah diisi program awal yang sering disebut *bootloader*. *Bootloader* tersebut yang bertugas untuk memudahkan dalam melakukan pemrograman lebih sederhana menggunakan *Arduino IDE*, tanpa harus menggunakan

tambahan *hardware* lain. Cukup hubungkan *Arduino* dengan kabel USB ke komputer server dan kemudian jalankan *software Arduino IDE*). Sebelum melakukan pembuatan dan *upload sketch* (program) ke *board arduino*, dibutuhkan pengaturan terlebih dahulu pada aplikasi *Arduino IDE* yang digunakan. Pengaturan ini adalah terkait dengan jenis *board* yang digunakan (dalam hal ini adalah *arduino uno*).



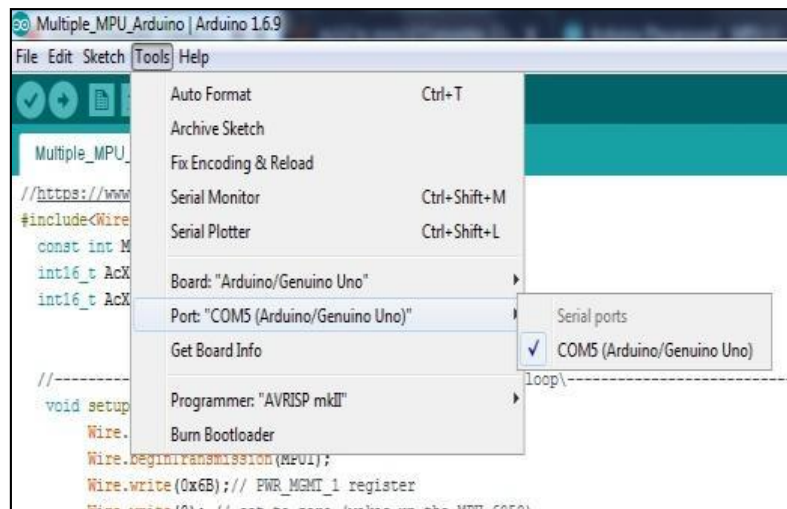
Gambar 5.5 Pengaturan *Board* pada *Arduino IDE*

Pada tampilan *sketch* awal aplikasi *arduino ide* seperti pada Gambar 5.5 terdapat 5 (lima) menu utama yang ada pada bagian atas *IDE* yaitu *file*, *edit*, *sketch*, *tools* dan *help*. Untuk *setting board* yang digunakan, Klik pada menu “**Tools**”, pada bagian “**Board**”, pilih sesuai dengan *board arduino* yang digunakan (dalam kasus ini adalah *Arduino Uno*).

5.1.3.2 Penentuan *Port Arduino IDE*

Port adalah mekanisme yang mengizinkan sebuah komputer untuk mendukung beberapa sesi koneksi dengan komputer lainnya dan program di dalam jaringan. *Port* dapat mengidentifikasi aplikasi dan layanan yang menggunakan koneksi di dalam jaringan TCP/IP. Sehingga, *port* juga mengidentifikasi sebuah proses tertentu di mana sebuah server dapat memberikan sebuah layanan kepada klien atau bagaimana sebuah klien dapat mengakses sebuah layanan yang ada dalam server. Untuk dapat terkoneksi antara *board arduino* dengan komputer server maka harus menentukan *port* yang akan digunakan.

Berikut merupakan langkah dalam melakukan *setting* atau penentuan *port* yang akan digunakan. *Setting port*, pada bagian “**Port**”, pilih *port* yang tersedia (dalam kasus ini adalah COM5). Untuk beberapa keadaan, nama *port* yang ditampilkan bisa berbeda.



Gambar 5.6 Pengaturan Port pada Arduino IDE

5.1.3.3 Sketch (Program) Arduino IDE

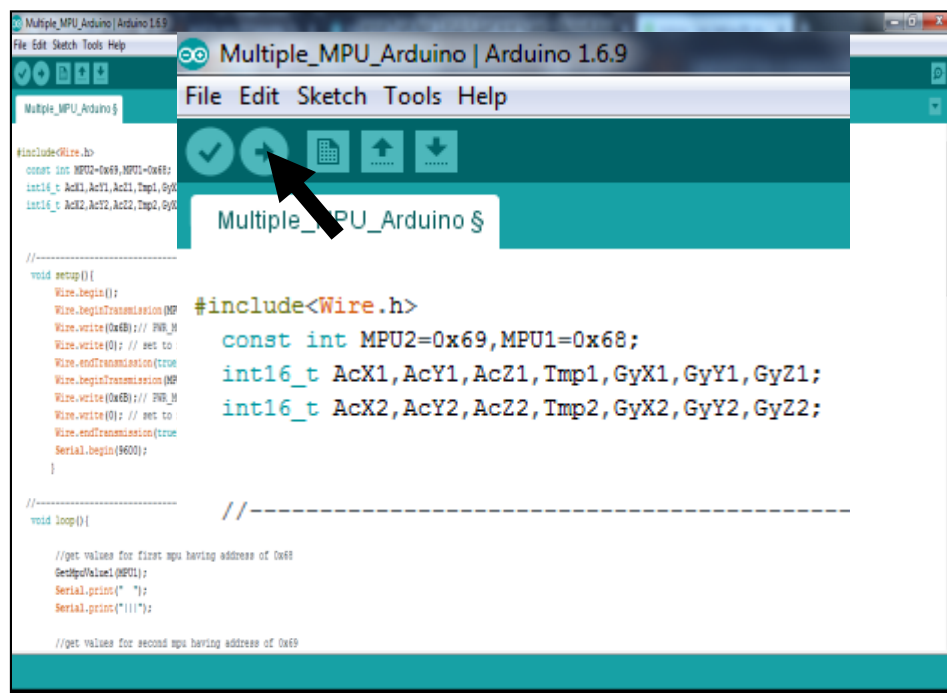
Tahap selanjutnya adalah melakukan pembuatan *sketch* (program) yang akan digunakan untuk melakukan *monitoring* yang digunakan untuk mengambil data axis dari hasil pembacaan modul sensor yang digunakan. *Sketch* (program) merupakan bahasa pemrograman C yang di *upload* (dimasukan) ke dalam *board arduino* untuk melakukan perintah yang dimengerti oleh *arduino* tersebut. *Sketch* (program) yang dibuat bertujuan untuk membaca modul sensor *accelerometer* dan *gyroscope* pada setiap sumbu *axis* yaitu sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Sedangkan modul sensor yang digunakan adalah modul sensor MPU 6050 sebanyak 2 buah. *Sketch* yang dibuat merupakan *sketch* (program) *multiple mpu 6050*, sehingga dengan *sketch* ini bisa digunakan untuk membaca 2 (dua) modul sensor MPU 6050 yang digunakan. Berikut merupakan hasil pembuatan *sketch* (program) untuk pembacaan modul sensor MPU 6050. (*sketch* selengkapnya terlampir pada Lampiran B)



Gambar 5.7 Sketch (Program) Arduino IDE

Pada *sketch* tersebut disesuaikan dengan data yang akan diambil pada modul sensor yang digunakan. Sensor yang digunakan merupakan 2 modul sensor MPU 6050 yang merupakan sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope*. Pada *sketch* (program) pada Gambar 5.7 mengeluarkan *output* pembacaan modul sensor MPU 6050 yaitu 3 axis pada setiap sumbu untuk masing-masing sensor yang digunakan yaitu AccX, AccY, dan AccZ merupakan *output* untuk sensor *accelerometer* sedangkan GyX, GyY, dan GyZ merupakan *output* dari sensor *Gyroscope* yang digunakan. Selanjutnya adalah melakukan *upload sketch* (program) yang telah dibuat sebelumnya. *Upload sketch* merupakan pengunggahan program atau perintah yang harus dilakukan oleh sistem *arduino*. Program ini nantinya akan diterjemahkan ke dalam bahasa *arduino* sehingga *arduino* tersebut mampu mengerti dan dapat menghasilkan *output* sesuai dengan apa yang diinginkan sebelumnya. Adapun cara untuk melakukan *upload sketch* (program) tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Upload sketch* adalah tahap dimana program ditanamkan pada *board arduino*. Untuk mulai meng-*upload* program, hubungkan *board arduino* ke PC melalui USB, klik pada *icon panah* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 *Upload Sketch* (program) yang telah dibuat

2. Proses *upload* akan berjalan selama beberapa detik. Jika tidak ada kesalahan pada kode program yang dibuat, akan ada notifikasi “**Done uploading**” yang menandakan bahwa *sketch* berhasil di-*upload* ke *board arduino* seperti pada Gambar 5.9.

```
//get values for first mpu having address of 0x68
GetMpuValue1(MPU1);
Serial.print(" ");
Serial.print("|||");

//get values for second mpu having address of 0x69

Done uploading.

Sketch uses 4,566 bytes (14%) of program storage space. Maximum is 32,256 bytes.
Global variables use 502 bytes (24%) of dynamic memory, leaving 1,546 bytes for local variables. Maximum is 2,048 bytes.
```

Gambar 5.9 Sketch Berhasil di Upload

5.1.4 Konektivitas dengan *Wireless Fidelity* (WiFi)

WiFi (*Wireless Fidelity*) merupakan sebuah teknologi yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk bertukar data secara nirkabel (menggunakan gelombang radio) melalui sebuah jaringan komputer, termasuk koneksi Internet berkecepatan tinggi. Pada sistem yang akan dibuat transfer data menggunakan *Modul WiFi ESP 8266 Shield* untuk melakukan transfer data. Berikut merupakan langkah dalam melakukan *connecting* (penyambungan) antara *board arduino* dengan *WiFi Shield ESP 8266*.

5.1.4.1 Sketch WiFi Shield ESP 8266

Arduino *WiFi Shiled* adalah modul yang dapat memungkinkan *Board Arduino* untuk terhubung ke *internet* menggunakan *WiFi*. Dengan menggunakan modul komunikasi ini *Arduino* dapat dihubungkan dengan perangkat lain yang mendukung protokol TCP/IP atau UDP tanpa perlu memerlukan bantuan komputer. Sebelum melakukan *connecting* (penyambungan) antara board arduino uno dengan *Modul ESP 8266 WiFi Shield* harus dilakukan *programming* atau pemrograman pada *Modul ESP 8266 WiFi Shield*. (*Sketch* selengkapnya terlampir pada Lampiran F)

```
SerialTCP.ino | Arduino IDE
File Edit Sketch Tools Help

SerialTCP.ino.g
#include <ESP8266WiFi.h>

const char* ssid = "Name's of WiFi Connection";
const char* password = "Password WiFi Connection";
String dataIn;
String serial_data;
boolean parsing = false;
WiFiServer server(80);

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println();

  Serial.print("Connecting to %s ", ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
  {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println(" connected");

  server.begin();
  Serial.print("Web server started, open %s in a web browser", WiFi.localIP().toString().c_str());

  // prepare a web page to be send to a client (web browser)
```

Gambar 5.10 Sketch (program) ESP 8266 WiFi Shield

Selanjutnya adalah melakukan proses *upload* atau pengunggahan *sketch* (program) yang telah dibuat pada Gambar 5.10. Proses yang dilakukan untuk melakukan *upload* atau pengunggahan *sketch* (program) sama seperti pada saat melakukan *upload* pada *board arduino* yang sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya.

5.1.4.2 Hasil *Serial Monitor Sketch* (program) *WiFi Shield ESP 8266*

Setelah melakukan *upload* atau pengunggahan *sketch* (program) pada modul *WiFi Shield ESP 8266* langkah selanjutnya adalah melakukan *serial monitor*. Proses yang dilakukan untuk *serial monitor* hasil *sketch* (program) sama seperti pada penjelasan sub bab sebelumnya. Adapun hasil dari *serial monitor* pada *WiFi Shield ESP 8266* seperti pada Gambar 5.11.



```
Restart Module...
AT+U="Haj+WIFI DISCONNECT"

ets Jan 8 2013,rst cause:4, boot mode:(3,7)

wdt reset load06tail 4
chksum 0x89
l3otail 4
che, tail
t
: Ss5us10 Do Iy
At-Thinkes Technologx Co.,Ltd.

ready
Set wifi mode : STA...
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP
AJ+CMODE=1

OK
Connect to access point...
AT+CWJ@P="Connecthfy-test","qwertyl23"
WIFI DISCONNECT
Check IP Address...
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
AZV R0**CC;V R0**S*U%At S&rS*Ar*rS,
, :
```

Gambar 5.11 Hasil *Serial Monitor Sketch* (program) *WiFi Shield ESP 8266*

Pada Gambar 5.11 terlihat keterangan status konektivitas antara *Board Arduino* dengan Modul *WiFi Shield ESP 8266*. Jika pada gambar tersebut tertulis konektivitas adalah “*CONNECTED*” maka *Board Arduino* dan Modul *WiFi Shield ESP 8266* telah terhubung. Sebaliknya jika tertulis “*DISCONNECT*” maka kedua perangkat tersebut tidak terhubung atau terputus. Selanjutnya hasil dari *Serial Monitor* tersebut adalah *IP Web Server* yang digunakan sebagai tempat untuk melakukan transfer data. Hasil pembacaan modul sensor yang digunakan akan muncul pada *IP Web Server* yang telah ditentukan oleh Modul *WiFi ESP 8266*. Berikut merupakan hasil *IP Web Server* yang dihasilkan dari proses serial monitor yang ditunjukkan dengan anak panah pada Gambar 5.12.


```
OK
AT+CWJAP="TP-LINK_D7425A","syahrini"
WIFI DISCONNECT
WIFI CONNECTED
WIFI GOT IP

OK
AT+CIFSR
+CIFSR:STAIP,"192.168.0.102"
+CIFSR:STAMAC,"5c:cf:7f:10:f3"
OK
```

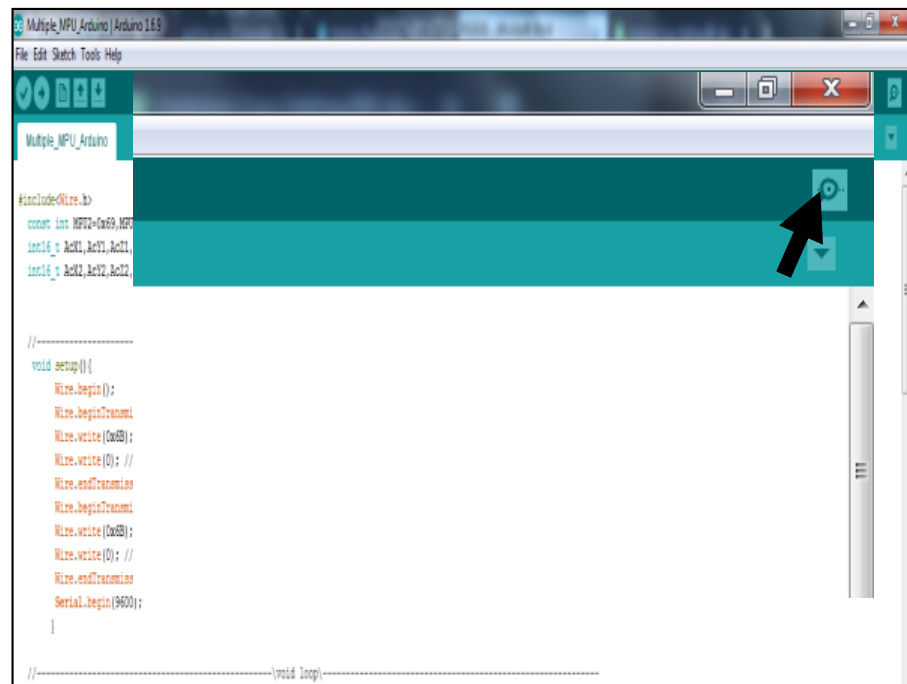
Gambar 5.12 IP Connection Hasil Serial Monitor Sketch (program) WiFi Shield ESP 8266

5.1.5 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Komunikasi serial *Arduino* adalah komunikasi antara *Arduino Uno* dan Komputer dapat dilakukan melalui *port* USB. Dalam hal ini, *Arduino Uno* tidak hanya bisa mengolah data dari pin I/O secara independ. Tetapi dapat juga dikomunikasikan dengan komputer untuk ditampilkan hasil dari pengolahan datanya sehingga komunikasi yang dilakukan bersifat dua arah. Pada *Arduino IDE* terdapat fasilitas untuk berkomunikasi dua arah melalui *serial monitor* yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai keperluan. Dengan menggunakan fasilitas ini, dapat dikirimkan data ke *Arduino Uno* dan sebaliknya dapat membaca kiriman dari *Arduino Uno*. Tentu saja, hal ini memungkinkan dapat mengontrol *Arduino Uno* melalui komputer dan memantau sesuatu yang sedang terjadi di *Arduino Uno*.

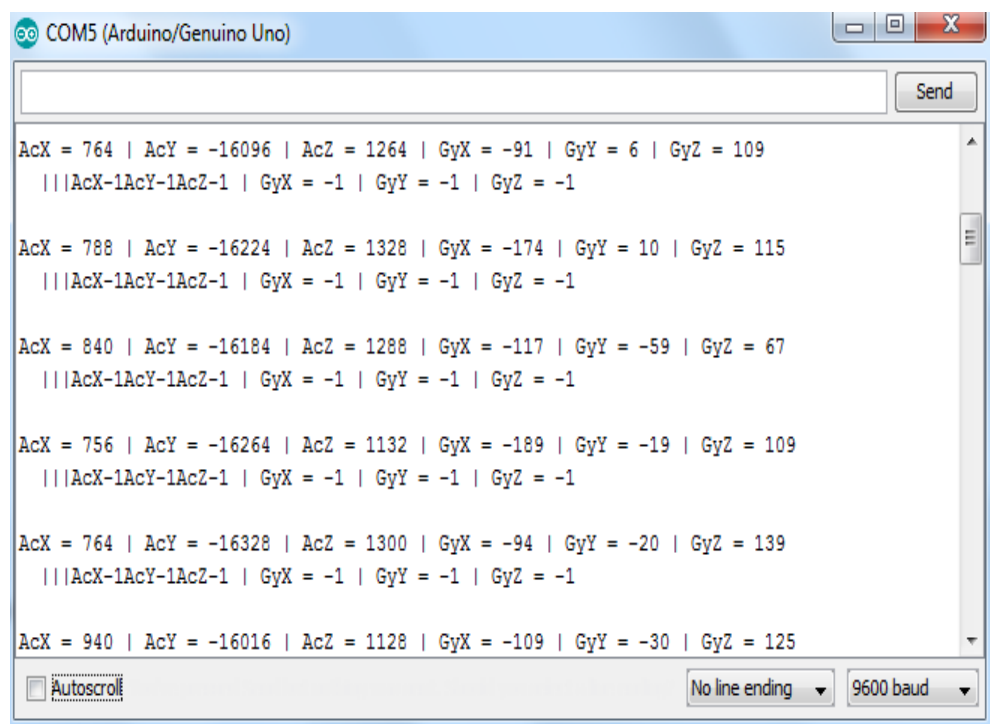
Pengujian alat dapat dilakukan jika *sketch* (program) yang akan digunakan berhasil di *upload* ke dalam *board arduino*. Selain *sketch* yang sudah benar, rangkaian *arduino* juga harus sudah bisa digunakan. Sambungkan *arduino* dengan USB kabel dan *sketch* (program) sudah bisa digunakan untuk melakukan pengambilan data terhadap sensor yang digunakan sesuai perintah yang dimasukan ke dalam program *arduino* tersebut. Adapun cara untuk melakukan pengambilan data tersebut adalah sebagai berikut.

1. Pastikan bahwa *sketch* (program) yang digunakan berhasil di *upload* pada *board arduino* yang digunakan. Selanjutnya adalah melakukan pengujian *serial monitor* dengan melakukan klik pada *icon* panah seperti pada Gambar 5.13. Hasil *output* dari sensor yang digunakan akan ditampilkan dalam *delay* waktu yang telah ditentukan sebelumnya. *Arduino* akan selalu mengirimkan data selama *board arduino* tersebut ter-supply oleh daya yang dibutuhkan.



Gambar 5.13 Pengambilan Data pada *Arduino*

2. Selanjutnya program *arduino* akan menampilkan hasil pembacaan sensor yang digunakan. Berikut merupakan contoh hasil pembacaan sensor pada *arduino* tersebut.



Gambar 5.14 Hasil Pengujian Alat

Gambar 5.14 merupakan hasil *output* data pembacaan *arduino uno* dengan *sketch* (program) yang telah ditentukan sebelumnya. Ac merupakan data untuk untuk pembacaan modul sensor *accelerometer* sedangkan untuk Gy merupakan pembacaan untuk modul

gyroscope. Selanjutnya X, Y, dan Z menunjukkan arah sumbu koordinat pada setiap modul sensor yang digunakan.

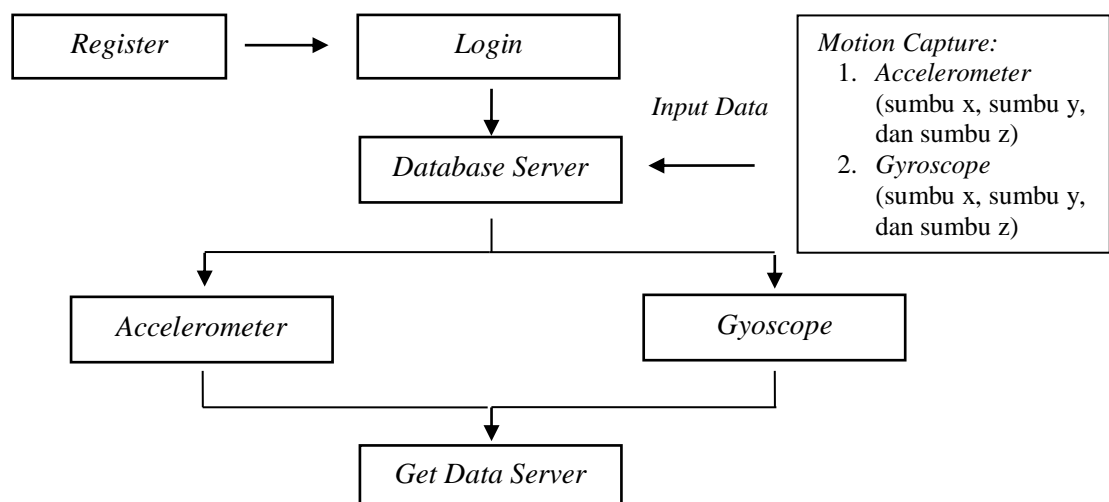
5.2 Perancangan Aplikasi (*Web Server*)

Aplikasi yang digunakan untuk menampilkan data hasil *output* secara *online* merupakan aplikasi dalam bentuk *web server*. Aplikasi berbasis komputer ini dapat diakses oleh siapapun yang telah melakukan *register* atau pendaftaran. Pada aplikasi ini akan ditampilkan data-data hasil *output* modul sensor *accelerometer* dan *gyroscope* yang digunakan secara *real time*. Data tersebut juga dapat diunduh dalam bentuk format *.xls*. Berikut akan dijelaskan tahap yang dilakukan untuk membuat sistem aplikasi (*web server*) yang digunakan.

5.2.1 Konsep Perancangan Sistem

Observasi atau pengamatan yang dilakukan pada sistem *monitoring* di lapangan maka dirancang sebuah sistem aplikasi. Aplikasi tersebut dapat membantu dalam melakukan pengawasan atau *monitoring* terhadap kinerja seorang *fitter*. Langkah pertama yang dilakukan adalah pemodelan sistem aplikasi.

Di dalam pemodelan aplikasi yang dirancang akan diketahui bagaimana aplikasi tersebut akan bekerja. Dalam pemodelan aplikasi diperlukan sebuah kerangka dasar sistem aplikasi. Tujuan dari kerangka dasar tentunya untuk memberikan gambaran secara umum dan memperjelas bagaimana hasil rancangan aplikasi nantinya. Kerangka dasar perancangan sistem merupakan dasar dalam pemodelan aplikasi yang dibuat untuk menjalankan sistem aplikasi. Secara sederhana, kerangka dasar perancangan sistem dapat digambarkan seperti pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Kerangka Dasar Aplikasi

Dari Gambar 5.15 dapat diketahui mengenai konsep kerangka dari sistem aplikasi yang akan dirancang. Dalam aplikasi yang dirancang terdapat wewenang dari setiap *user* yang melakukan *register*.

Tabel 5.1 Wewenang *User* atau Pengguna Aplikasi yang Melakukan *Register*

| Pengguna | Hak Akses Aplikasi | Kemampuan yang harus dimiliki |
|-------------|---|--|
| <i>User</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Melakukan <i>monitoring</i> dari setiap pekerja. • Melihat secara <i>real-time</i> data <i>output</i> dari gerakan yang dilakukan. • Mendapatkan data <i>output</i> dari modul sensor <i>accelerometer</i>. • Mendapatkan data <i>output</i> dari modul sensor <i>gyroscope</i>. | <ul style="list-style-type: none"> • Mengetahui cara akses ke aplikasi • Mengetahui cara mengoperasikan aplikasi • Mengetahui sistem kerja aplikasi |

5.2.2 Parameter Aplikasi

Dalam proses perancangan aplikasi perlu ditentukan parameter yang diperlukan dalam aplikasi. Tujuan dari pembuatan parameter adalah untuk membatasi suatu permasalahan dan memperjelas ruang lingkup dari aplikasi yang akan dirancang. Parameter-parameter tersebut dihasilkan dari proses observasi dan pengolahan data. Parameter yang terdapat dalam aplikasi meliputi:

1. *Input* data modul sensor *accelerometer* pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z.
2. *Input* data modul *gyroscope* pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z.
3. *Board microcontroller* melakukan pengambilan data setiap 0.5 detik untuk setiap sumbu pada setiap modul sensor yang digunakan.
4. Pengiriman data yang dilakukan menuju *database web server* untuk ditampilkan pada halaman atau *web page* aplikasi setiap 60 detik.

Tabel 5.2 Contoh Parameter Aplikasi

| Modul Sensor | Sumbu Koordinat |
|----------------------|-----------------|
| <i>Accelerometer</i> | Sumbu x |
| | Sumbu y |
| | Sumbu z |
| <i>Gyroscope</i> | Sumbu x |
| | Sumbu y |
| | Sumbu z |

Dari Tabel 5.2 diketahui contoh parameter dari sistem aplikasi yang dirancang. Dari tabel tersebut diketahui data *output* yang dihasilkan dari modul sensor yang digunakan. Data tersebut nantinya akan disimpan dalam *database web server* dan akan ditampilkan setiap 60 detik.

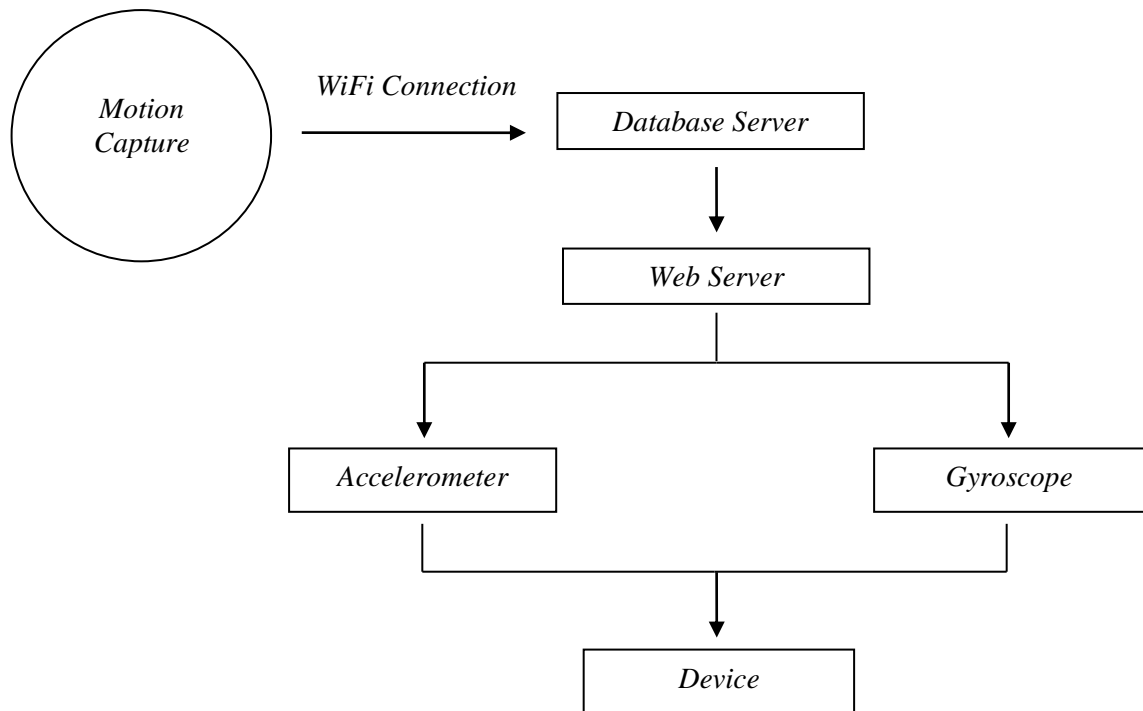
5.2.3 Penjelasan Umum Aplikasi

Program aplikasi dirancang untuk membantu dalam melakukan pengawasan atau *monitoring* terhadap pekerja dalam hal ini adalah *fitter*. Aplikasi ini akan membuat pengawasan menjadi lebih praktis dan efektif serta efisien. Aplikasi dirancang untuk mudah digunakan (*friendly user*) oleh setiap *user* baik dari segi penggunaan atau tampilan yang mudah untuk dipahami. Namun untuk membuat aplikasi ini dapat berjalan dengan baik maka diperlukan *user* yang berkompeten dan berkapabilitas untuk menjalankan aplikasi dan terutama berpengalaman dalam dunia pekapalan.

Program aplikasi ini memanfaatkan sistem operasi yaitu *web based operation*. *Web based operation* dijalankan menggunakan *device* berupa komputer, sistem operasi ini ditujukan kepada *user*. Fungsi *user* mempunyai wewenang dalam melakukan pemeriksaan data dan pengambilan data hasil *output* dari modul sensor yang digunakan. Data *output* inilah yang akan dijadikan sebagai faktor justifikasi terhadap kegiatan atau aktivitas yang dilakukan oleh *fitter*. Data tersebut akan disimpan ke dalam *database* selama *hardware* yang digunakan masih dalam keadaan menyala atau aktif. Dalam proses *monitoring* terhadap kinerja *fitter* pihak *user* dapat memanfaatkan aplikasi ini untuk melakukan pengumpulan data dan evaluasi kinerja terhadap setiap pekerja. Hasil pemeriksaan akan disimpan ke *server* sehingga laporan dapat diakses oleh pihak *user*.

5.2.4 Data Flow Diagram (DFD)

Data Flow Diagram (DFD) adalah alat pembuatan model yang memungkinkan profesional sistem untuk menggambarkan sistem sebagai suatu jaringan proses fungsional yang dihubungkan satu sama lain dengan alur data, baik secara manual maupun komputerisasi. DFD ini sering disebut juga dengan nama *Bubble chart*, *Bubble diagram*, model proses, diagram alur kerja, atau model fungsi. DFD ini merupakan alat perancangan sistem yang berorientasi pada alur data dengan konsep dekomposisi dapat digunakan untuk penggambaran analisa maupun rancangan sistem yang mudah dikomunikasikan oleh profesional sistem kepada pemakai maupun pembuat program. Berikut *Data Flow Diagram* (DFD) seperti pada Gambar 5.16.

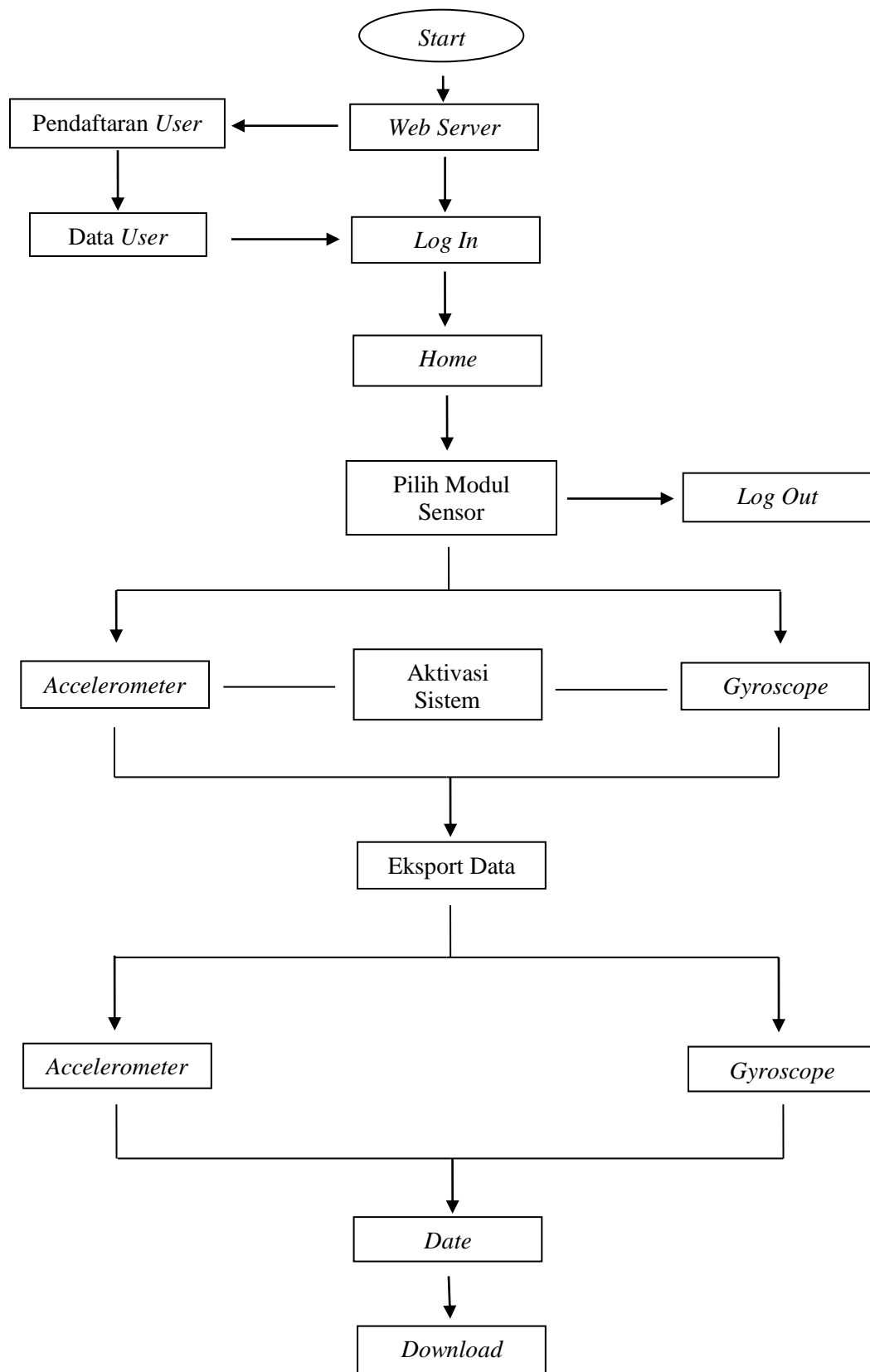


Gambar 5.16 Data Flow Diagram (DFD)

Data hasil *motion capture* dari modul sensor yang digunakan dikirim melalui *WiFi Connection* dari modul *WiFi Shield ESP 8266*. Data tersebut disimpan dalam *database web server* selama *hardware* yang digunakan dalam posisi menyala dan sistem aplikasi aktif. Selanjutnya data tersebut ditampilkan pada *web page* pada *web server* setiap 60 detik dan menampilkan sebanyak 120 data pada setiap sumbu koordinat modul sensor. Data ditampilkan pada setiap halaman *web page* dari *web server* untuk setiap modul sensor yaitu *web page* untuk *accelerometer* dan *gyroscope*. Data yang tersimpan dalam *database* dapat diunduh oleh setiap *user* melalui *device* yang digunakan.

5.2.5 System Interface Diagram (SID)

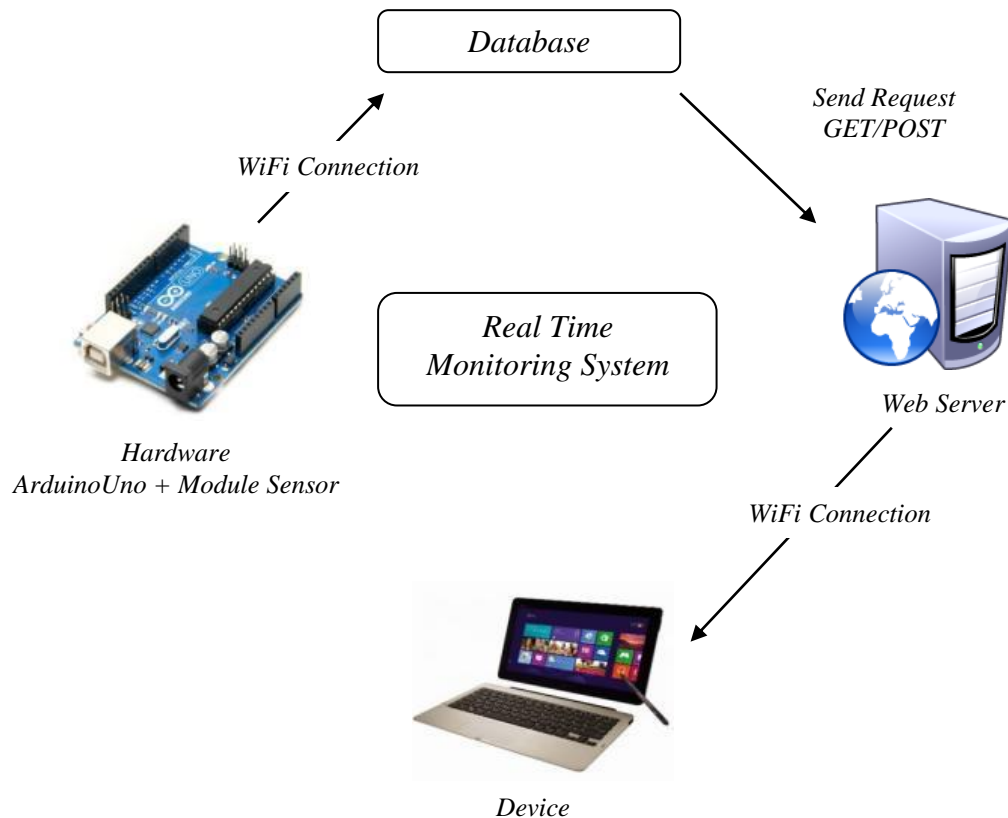
System Interface Diagram adalah sebuah diagram yang menjelaskan tampilan/*interface* pada aplikasi yang telah dirancang. Berikut *System Interface Diagram* yang akan ditampilkan pada Gambar 5.17. Blok Diagram *Interface* adalah bagian-bagian dan alur kerja sistem yang bertujuan untuk menerangkan cara kerja dan alur sistem tersebut secara garis besar berupa gambar dengan tujuan agar sebuah sistem dapat lebih mudah dimengerti dan dipahami. Konten dalam diagram ini yaitu berupa urutan proses dari aplikasi mulai dari aplikasi dibuka hingga keluar. Tampilan seluruh proses ditampilkan dalam diagram termasuk dengan sub-menu dari tiap-tiap proses.



Gambar 5.17 System Interface Diagram (SID)

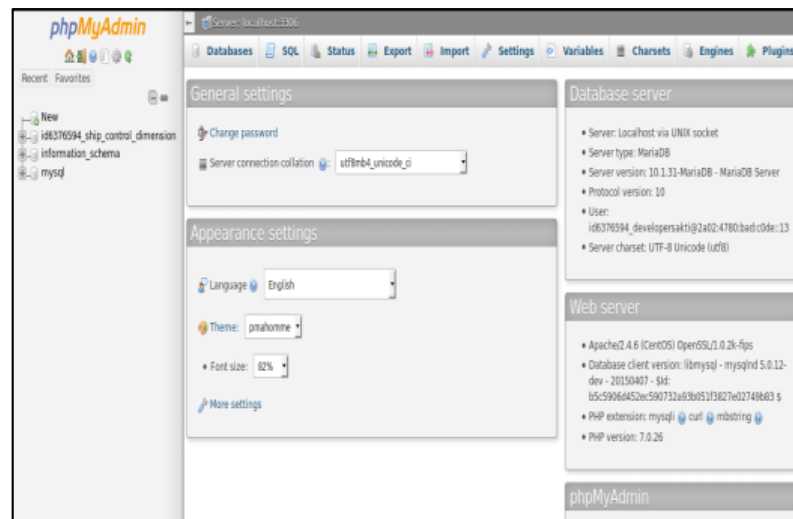
5.2.6 Perancangan Database dan Web Server

Database memegang peranan penting dalam menampung dan memproses jalannya sebuah aplikasi. Untuk mengakses database dari *device* tidak bisa dilakukan secara langsung, walaupun *device* tersebut terkoneksi dengan internet tetap memerlukan sebuah jaringan berupa *web server*. Untuk ilustrasi alur akses data dalam sistem aplikasi ini dapat dilihat pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Alur Data Perancangan Sistem

Pada Gambar 5.18 dapat dilihat untuk alur data dimulai dari hasil *output* data pembacaan modul sensor terhadap gerak dari kegiatan atau aktivitas kerja yang dilakukan oleh *fitter*. Data tersebut akan disimpan ke dalam *database server* melalui koneksi internet dari modul WiFi yang digunakan. Selanjutnya setelah terakses dengan internet, data yang dikirim dan diminta terhubung terlebih dahulu dengan *web server*. *Web server* merupakan *software* yang bertugas melakukan atau mentransfer data permintaan pengguna dari *database server* yang telah direncanakan sebelumnya. Program *database server* yang digunakan yaitu *php MyAdmin*, program ini berperan utama dalam menyalurkan data dari *database server* dengan web server yang digunakan. Gambar tampilan database server *php MyAdmin* dapat dilihat pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Database Server

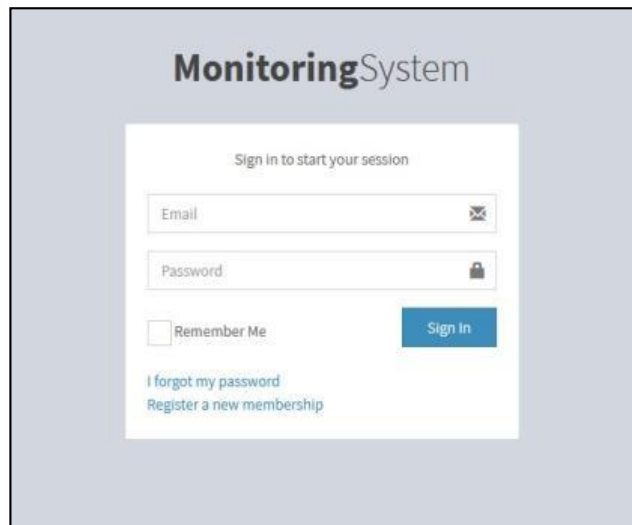
Data yang terdapat di *database server* merupakan data yang dikirim oleh *board arduino uno* dan modul sensor *accelerometer* dan *gyroscope* yang digunakan. *Arduino* membaca data setiap 0.5 detik pada setiap sumbu dan masing-masing sensor. Data akan masuk ke dalam *database server* selama *hardware* yang digunakan dalam keadaan menyala dan status sistem aplikasi adalah aktif.

5.2.7 Simulasi Aplikasi

Simulasi dilakukan mulai dari halaman *log-in* yang dilakukan oleh *user*, registrasi atau pendaftaran, sampai dengan *log-out*. *User* yang melakukan akses hanya orang yang mengetahui *IP Address* dari setiap pekerja *fitter* yang menggunakan alat tersebut. Berikut merupakan penjelasan mengenai aplikasi yang telah dirancang.

5.2.7.1 Log-In Page (Halaman Log-In)

Log-in adalah proses masuk ke jaringan komputer dengan memasukkan identitas akun minimal terdiri dari *username*/akun pengguna dan *password* untuk mendapatkan hak akses. Halaman *log-in* merupakan halaman yang mempunyai fungsi sebagai perlindungan dari sistem yang dirancang. Sistem perlindungan ini bertujuan untuk melindungi *database* yang digunakan untuk menyimpan data hasil *output* modul sensor. Selain itu juga berfungsi untuk melindungi sistem dari penyalahgunaan aplikasi dari orang-orang yang tidak bertanggung jawab. Hanya *user* yang telah melakukan pendaftaran yang dapat melakukan akses terhadap sistem aplikasi yang dirancang. Gambar 5.20 merupakan halaman *log-in* atau *page log-in* dari sistem aplikasi yang telah dirancang.



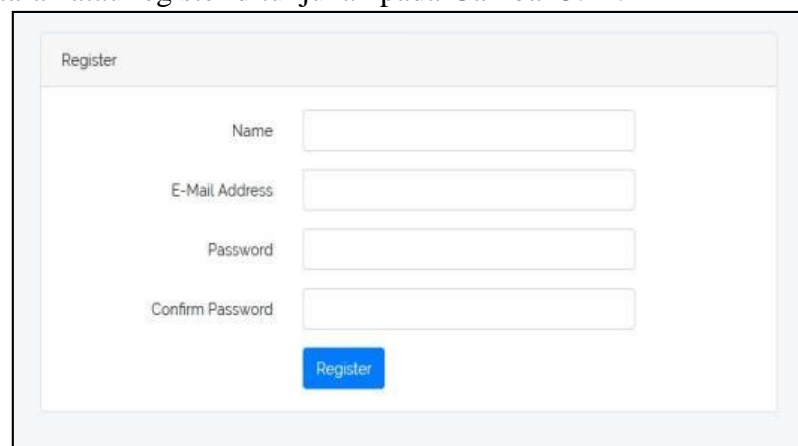
The image shows a login interface for a system titled "MonitoringSystem". At the top, it says "Sign in to start your session". Below this are two input fields: "Email" with an envelope icon and "Password" with a lock icon. There is a "Remember Me" checkbox and a blue "Sign In" button. At the bottom, there are two links: "I forgot my password" and "Register a new membership".

Gambar 5.20 Halaman *Log-in* Sistem yang Dirancang

Pada Gambar 5.20 terdapat 2 (dua) data yang harus diverifikasi oleh sistem supaya dapat melakukan akses ke dalam sistem aplikasi yang digunakan. Alamat *email* serta *password* yang digunakan pada saat melakukan pendaftaran atau *register*.

5.2.7.2 *Register Page* (Halaman Pendaftaran)

Pada halaman ini pengguna atau user yang akan masuk ke dalam sistem aplikasi harus melakukan pendaftaran ke dalam sistem. Pendaftaran tersebut dilakukan supaya sistem aplikasi mengetahui orang-orang yang telah mengakses aplikasi tersebut. Pendaftaran atau register dilakukan dengan memasukkan sejumlah data pribadi dari user atau pengguna. Halaman pendaftaran atau register ditunjukkan pada Gambar 5.21.



The image shows a registration form titled "Register". It contains four input fields: "Name", "E-Mail Address", "Password", and "Confirm Password". Below these fields is a blue "Register" button.

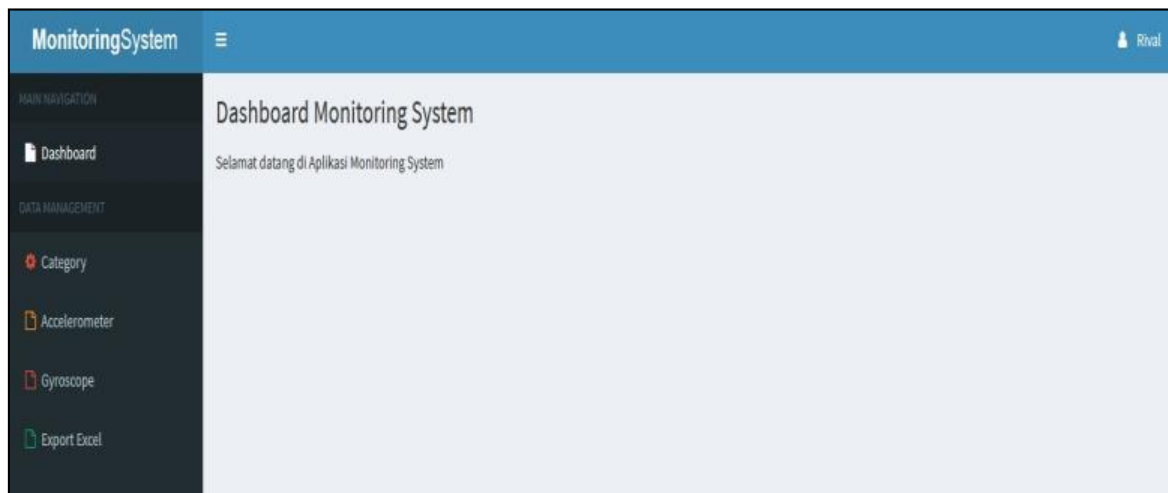
Gambar 5.21 *Register Page* (Halaman Pendaftaran)

Pada Gambar 5.21 tersebut untuk melakukan pendaftaran atau *register* pengguna sistem aplikasi, *user* baru harus memasukkan data-data yang harus diisi pada setiap kotak kosong pada halaman tersebut. Kotak tersebut harus diisi dengan data yang sebenarnya dengan tujuan agar sistem mengetahui siapa saja *user* atau pengguna yang mengakses sistem aplikasi

tersebut. Kotak yang harus diisi adalah *Name* atau nama, *E-mail Address* atau alamat e-mail, *Password* atau kata sandi, dan yang terakhir adalah *Confirm Password* pengguna baru yang akan menggunakan sistem aplikasi tersebut. Alamat *e-mail* dan *password* yang akan digunakan untuk melakukan *log-in* pada sistem aplikasi.

5.2.7.3 Home Page (Halaman Utama)

Home page merupakan halaman utama atau halaman rumah dari sistem aplikasi yang dirancang. halaman ini merupakan halaman yang pertama muncul setelah *user* melakukan *log-in* ke dalam sistem aplikasi. Pada halaman ini hanya terdapat ucapan selamat datang serta menampilkan logo atau gambar dari perusahaan yang menggunakan sistem aplikasi ini. Gambar 5.22 merupakan contoh tampilan *home page* yang digunakan pada sistem aplikasi yang dirancang.



Gambar 5.22 Tampilan *Home Page* (Halaman Utama)

Selain terdapat logo perusahaan dan ucapan seamat datang dari sistem aplikasi juga terdapat pilihan menu-menu yang bisa digunakan. Masing-masing menu mempunyai fungsinya masing-masing. Menu-menu tersebut seperti *Accelerometer* yang berfungsi untuk menampilkan data dari modul sensor *accelerometer*. Menu *Gyroscope* untuk menampilkan data dari modul sensor *gyroscope*. Menu *Export Excel* yang digunakan untuk mengunduh data dari *database* yang menyimpan data dari masing-masing modul sensor. Selain itu pada pojok kanan atas terdapat keterangan nama pengguna atau *user* yang melakukan akses.

5.2.7.4 Halaman *Accelerometer*

Pada halaman *accelerometer* akan menampilkan data hasil *output* dari pembacaan modul sensor *accelerometer* yang digunakan. Data ini diambil dari *database* secara *real-time* setiap 60 detik. Sebanyak 120 data untuk setiap sumbu akan ditampilkan sesuai dengan waktu dari

data tersebut. Selain itu pada halaman ini akan secara otomatis melakukan *auto refresh* setiap 60 detik untuk menampilkan data pada menit yang selanjutnya. Gambar 5.23 merupakan contoh tampilan dari halaman *accelerometer* pada sistem aplikasi yang dirancang.

| No. | Time | Sumbu X | Sumbu Y | Sumbu Z |
|-----|---------------------|---------|---------|---------|
| 1 | 2018-07-24 21:57:00 | -392 | 14896 | 7260 |
| 2 | 2018-07-24 21:57:00 | -400 | 14916 | 7124 |
| 3 | 2018-07-24 21:57:01 | -364 | 14912 | 7236 |
| 4 | 2018-07-24 21:57:01 | -384 | 14868 | 7000 |
| 5 | 2018-07-24 21:57:02 | -272 | 14772 | 7276 |
| 6 | 2018-07-24 21:57:02 | -324 | 14988 | 7188 |
| 7 | 2018-07-24 21:57:03 | -376 | 14960 | 7220 |

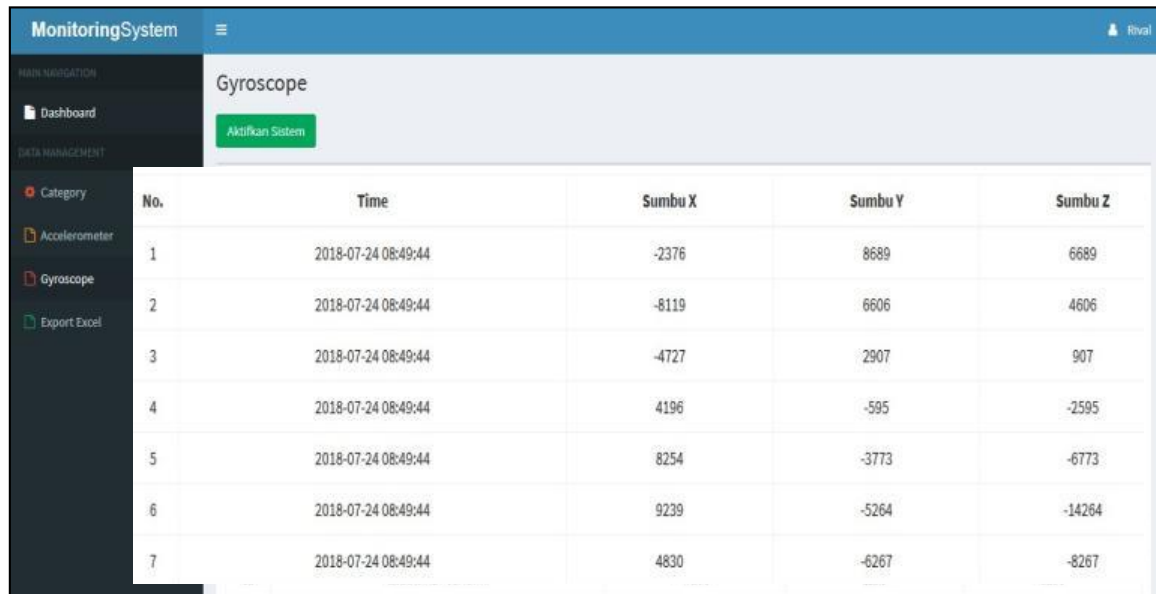
Gambar 5.23 Contoh Tampilan Halaman *Accelerometer*

Pada Gambar 5.23 menampilkan data untuk satuan waktu hasil pembacaan modul sensor yang digunakan. Pada halaman tersebut terdapat tombol *Aktifkan Sistem* berwarna hijau yang berfungsi untuk menghidupkan aplikasi dari *web server* ini. Setelah melakukan aktivasi pada *web server* secara otomatis *web server* akan menampilkan data serta menyimpan data dalam *database server*. Selain itu juga terdapat tombol berwarna merah setelah sistem daktifkan yang bertuliskan *Matikan Sistem*. Tombol ini berfungsi untuk mengubah sistem ke dalam posisi tidak aktif. Artinya adalah sistem tidak akan menerima data yang dikirim oleh modul sensor. Tampilan pada halaman ini terdiri dari 5 kolom yaitu kolom Nomor, *Time* atau waktu, Sumbu X untuk menampilkan data pada sumbu x, Sumbu Y untuk menampilkan data pada sumbu y, dan Sumbu Z untuk menampilkan data pada sumbu z. Pada kolom *Time* berfungsi untuk menampilkan waktu dari data yang ditampilkan dalam format YYYY/MM/DD serta waktu. Terdapat 120 data untuk setiap tampilan pada halaman ini dan akan terbarukan secara otomatis setiap 60 detik.

5.2.7.5 Halaman *Gyroscope*

Sama halnya dengan halaman *accelerometer*, pada halaman *gyroscope* akan menampilkan data hasil *output* dari pembacaan modul sensor *gyroscope* yang digunakan.

Data ini diambil dari *database* secara *real-time* setiap 60 detik. Sebanyak 120 data untuk setiap sumbu akan ditampilkan sesuai dengan waktu dari data tersebut. Selain itu pada halaman ini akan secara otomatis melakukan *auto refresh* setiap 60 detik untuk menampilkan data pada menit yang selanjutnya. Gambar 5.24 merupakan contoh tampilan dari halaman *gyroscope* pada sistem aplikasi yang dirancang.



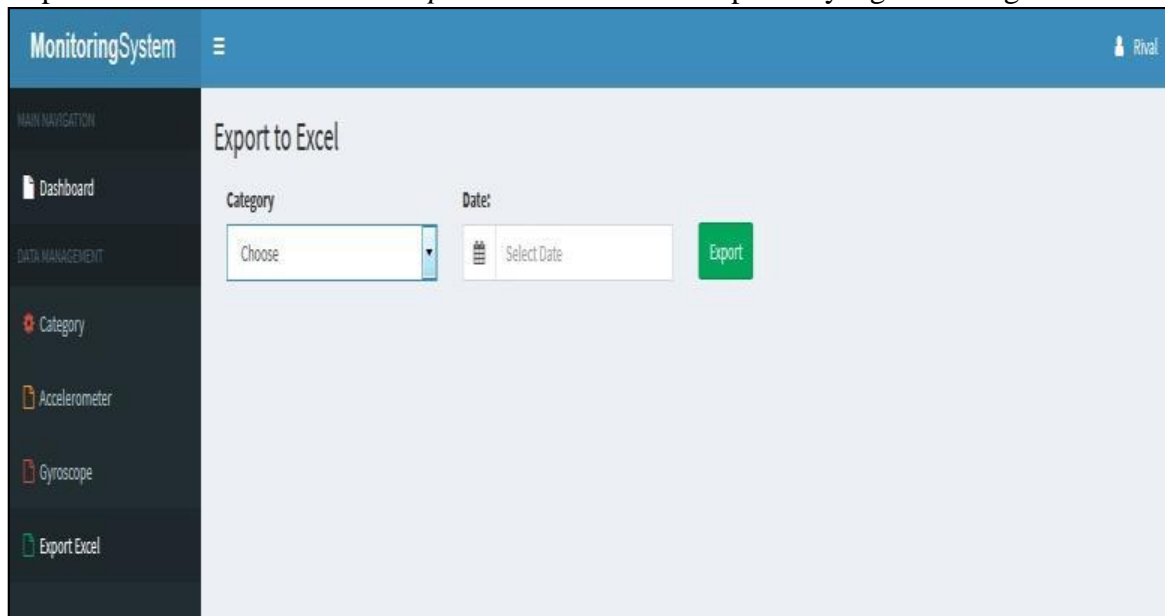
| No. | Time | Sumbu X | Sumbu Y | Sumbu Z |
|-----|---------------------|---------|---------|---------|
| 1 | 2018-07-24 08:49:44 | -2376 | 8689 | 6689 |
| 2 | 2018-07-24 08:49:44 | -8119 | 6606 | 4606 |
| 3 | 2018-07-24 08:49:44 | -4727 | 2907 | 907 |
| 4 | 2018-07-24 08:49:44 | 4196 | -595 | -2595 |
| 5 | 2018-07-24 08:49:44 | 8254 | -3773 | -6773 |
| 6 | 2018-07-24 08:49:44 | 9239 | -5264 | -14264 |
| 7 | 2018-07-24 08:49:44 | 4830 | -6267 | -8267 |

Gambar 5.24 Contoh Tampilan Halaman *Gyroscope*

Sama halnya pada halaman *accelerometer*, pada Gambar 5.24 menampilkan data untuk satuan waktu hasil pembacaan modul sensor yang digunakan. Pada halaman tersebut terdapat tombol Aktifkan Sistem berwarna hijau yang berfungsi untuk menghidupkan aplikasi dari *web server* ini. Setelah melakukan aktivasi pada *web server* secara otomatis *web server* akan menampilkan data serta menyimpan data dalam *database server*. Selain itu juga terdapat tombol berwarna merah setelah sistem daktifkan yang bertuliskan Matikan Sistem. Tombol ini berfungsi untuk mengubah sistem ke dalam posisi tidak aktif. Artinya adalah sistem tidak akan menerima data yang dikirim oleh modul sensor. Tampilan pada halaman ini terdiri dari 5 kolom yaitu kolom Nomor, *Time* atau waktu, Sumbu X untuk menampilkan data pada sumbu x, Sumbu Y untuk menampilkan data pada sumbu y, dan Sumbu Z untuk menampilkan data pada sumbu z. Pada kolom *Time* berfungsi untuk menampilkan waktu dari data yang ditampilkan dalam format YYYY/MM/DD serta waktu. Terdapat 120 data untuk setiap tampilan pada halaman ini dan akan terbarukan secara otomatis setiap 60 detik.

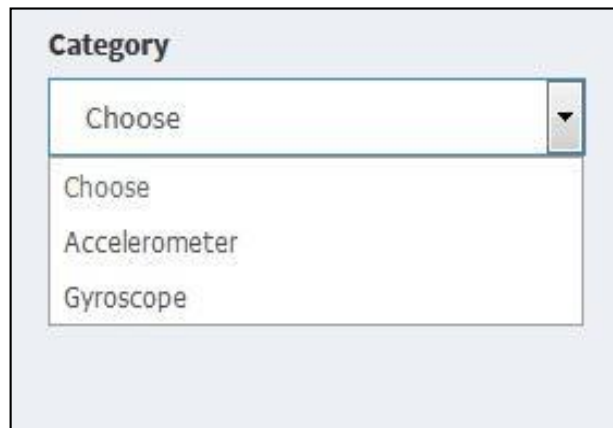
5.2.7.6 Halaman *Export Excel*

Halaman *Export Excel* merupakan halaman yang berfungsi untuk melakukan pengunduhan data dari *database server* untuk setiap satu hari. Jadi selama *hardware* dalam kondisi menyala dan sistem aplikasi dalam kondisi aktif maka secara otomatis sistem akan terus menerima data yang dikirim dari modul sensor secara kontinu. Hasil rekap untuk satu hari dapat diunduh pada halaman ini. Adapun format file hasil pengunduhan adalah .xls yang artinya file dalam bentuk *worksheet* pada aplikasi *microsoft office excel*. Gambar 5.25 merupakan contoh halaman dari *Export Excel* dari sistem aplikasi yang dirancang.



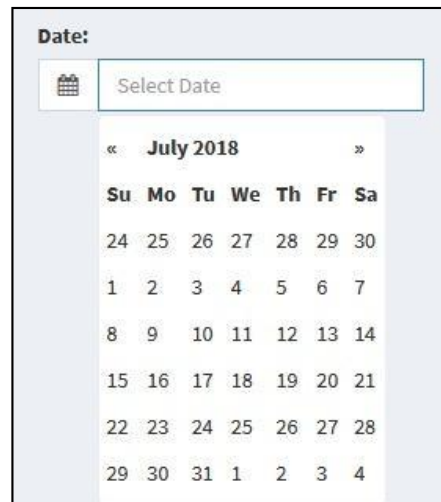
Gambar 5.25 Contoh Tampilan Halaman *Export Excel*

Pada Gambar 5.25 terdapat tab menu pilihan yaitu *Category* yang berfungsi untuk memilih data dari modul sensor *accelerometer* atau *gyroscope* yang akan diunduh. Hanya dengan melakukan klik pada salah satu *category* untuk menentukan data yang akan diunduh. Pilihan *category* ini ditunjukkan seperti pada Gambar 5.26.



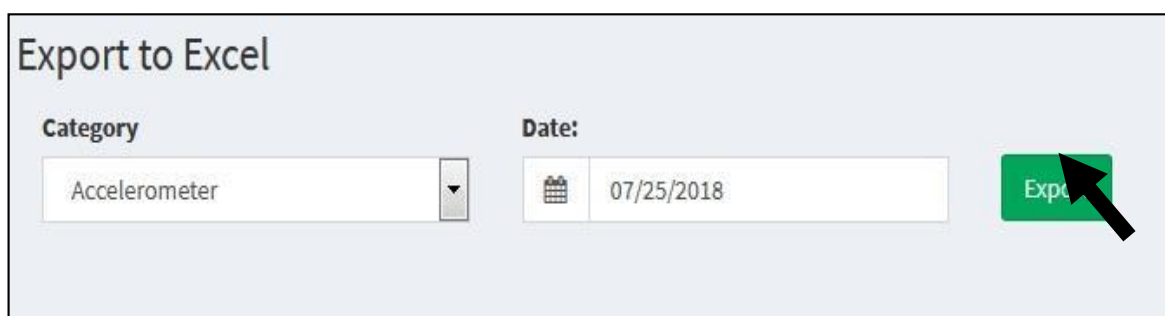
Gambar 5.26 Contoh Tampilan Tab Menu *Category* pada Halaman *Export Excel*

Selain itu juga terdapat tab menu *Date* yang berfungsi untuk menentukan waktu dari data yang akan diunduh. Pengguna hanya melakukan klik pada waktu dari data yang akan diunduh untuk selanjutnya dapat melakukan pengunduhan seperti pada Gambar 5.27.



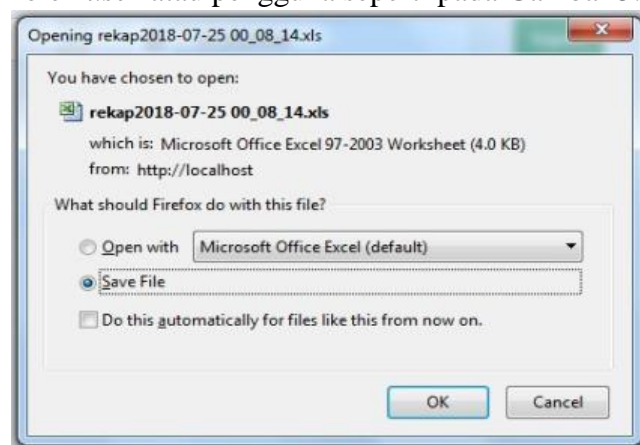
Gambar 5.27 Contoh Tampilan Tab Menu *Date* pada Halaman *Export Excel*

Setelah menentukan *Category* serta *Date* dari data yang akan diunduh maka selanjutnya adalah melakukan klik seperti pada tanda panah pada Gambar 5.28.



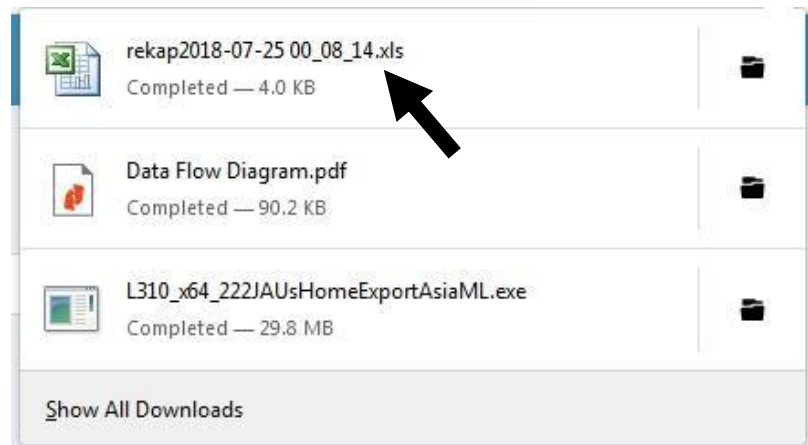
Gambar 5.28 Tombol *Export Data*

Setelah melakukan langkah tersebut maka secara otomatis data akan tersimpan di dalam *device* yang digunakan oleh *user* atau pengguna seperti pada Gambar 5.29.



Gambar 5.29 Menu *Pop Up* untuk Unduh Data

Secara otomatis data akan terunduh ke dalam *device* yang digunakan oleh *user* atau pengguna aplikasi ini. Seperti yang ditunjukkan pada anak panah pada Gambar 5.30.



Gambar 5.30 File Hasil Unduh dari Sistem Aplikasi

BAB 6

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

6.1 Analisa Data dan Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data dari *sample* pekerja *Fitter* yang ada di PT. PAL Indonesia sebanyak 3 orang pekerja *Fitter* dengan kriteria sebagai berikut.

(biodata selengkapnya terlampir)

Tabel 6.1 Data *Sample* Pekerja

| No. | Nama Pekerja | Tinggi Badan | Berat Badan |
|-----|-----------------------|--------------|-------------|
| 1. | Eko Julianto | 174 | 63 |
| 2. | Firman Teguh Putranto | 170 | 55 |
| 3. | Junaedi | 168 | 52 |

Percobaan dilakukan dengan meletakan sensor pada posisi yang telah ditentukan pada penjelasan bab sebelumnya. Modul sensor 1 merupakan modul sensor *gyroscope* dengan hasil *output* yaitu 3 axis (koordinat) yaitu Gyx, Gyy, dan Gyz. Modul sensor ini diletakan pada tangan kanan pada posisi *Right Fore Arm* (tangan kanan bagian bawah). Sedangkan modul sensor 2 merupakan modul sensor *accelerometer* dengan hasil *output* 3 axis (koordinat) yaitu Accx, Accy, dan Accz. Pada modul sensor 2 diletakan pada punggung yaitu posisi *Lower Spine* (punggung bawah). Berikut penulis akan menjelaskan hasil dari pengambilan data dengan 3 kegiatan atau aktivitas kerja yang dilakukan oleh *fitter* yaitu *marking* (penandaan), *cutting* (pemotongan), dan *tag weld* (pengelasan titik).

6.1.1 *Marking* (Penandaan)

Marking (penandaan) merupakan salah satu kegiatan atau aktivitas kerja yang dilakukan oleh *fitter*. Kegiatan tersebut merupakan kegiatan menandai, yaitu pemberian nama, nomor, serta gambar detail dari sebuah konstruksi yang dicetak di atas pelat sebelum dilakukan pemotongan sesuai dengan model yang dikerjakan.

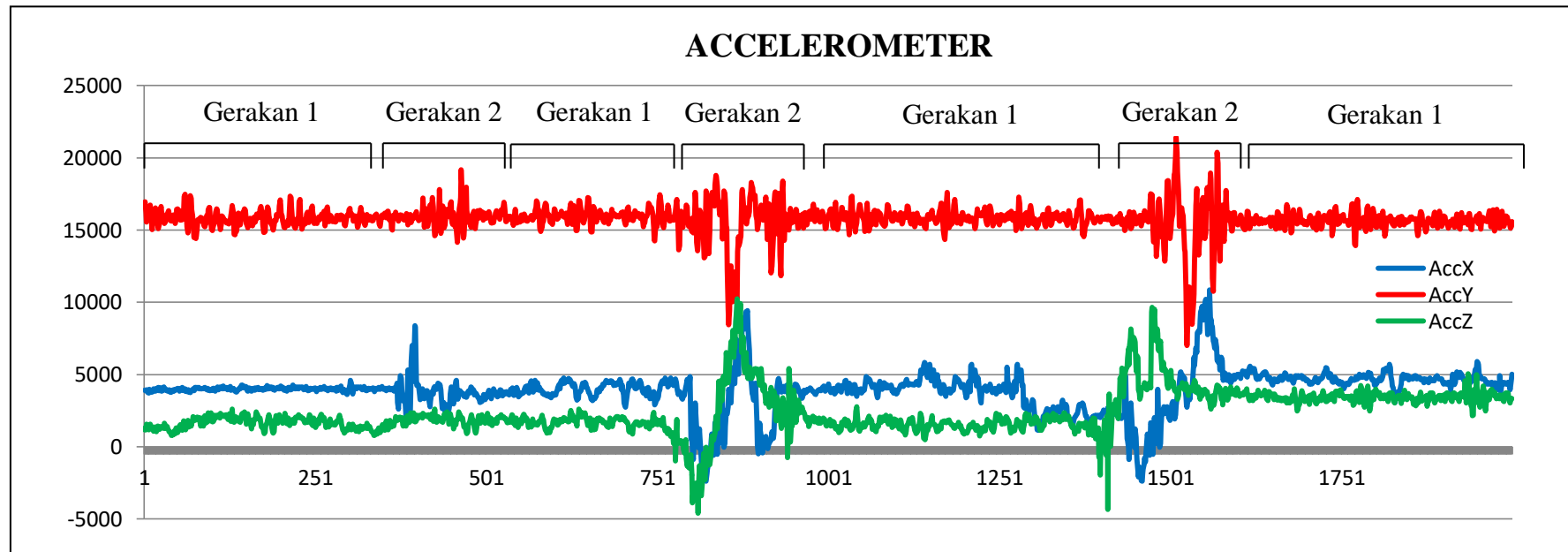
6.1.1.1 Hasil Percobaan

Berikut merupakan hasil *plotting* pengambilan data modul sensor *Accelerometer* yang dilakukan pada kegiatan atau aktivitas kerja *marking* (penandaan) belok dengan posisi berjongkok.

Gerakan 1 :

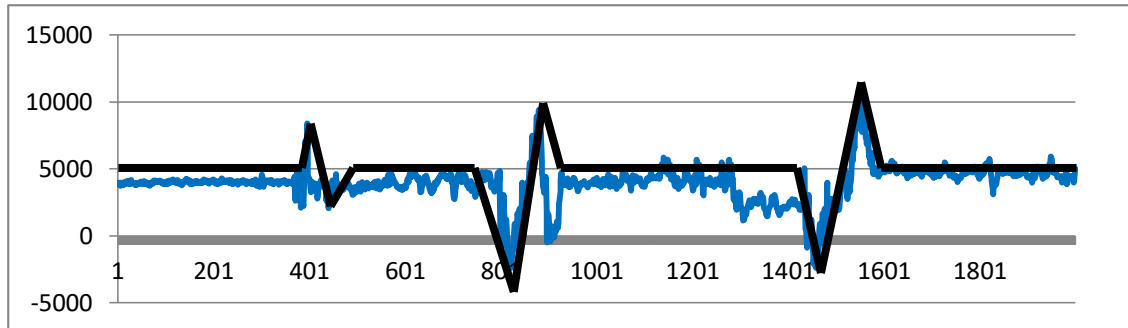


Gerakan 2 :

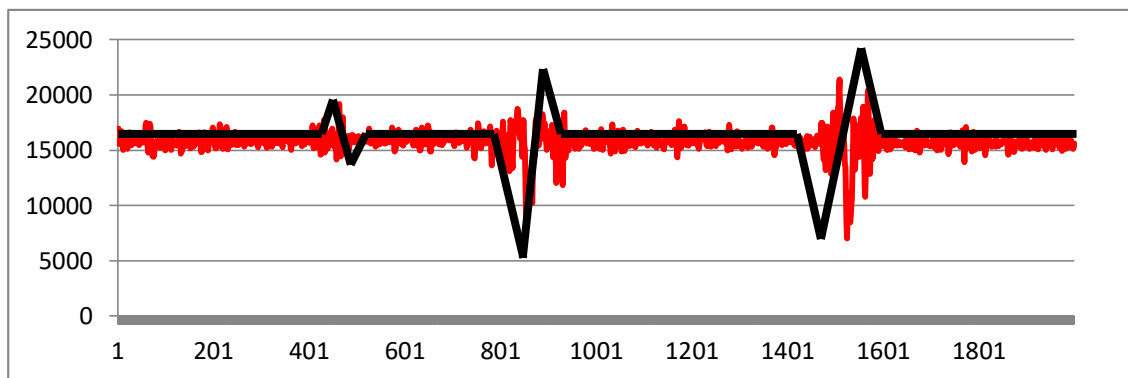


Gambar 6.1 Grafik Hasil *Output* Modul Sensor *Accelerometer* Kegiatan Kerja *Marking* Belok dengan Posisi Berjongkok

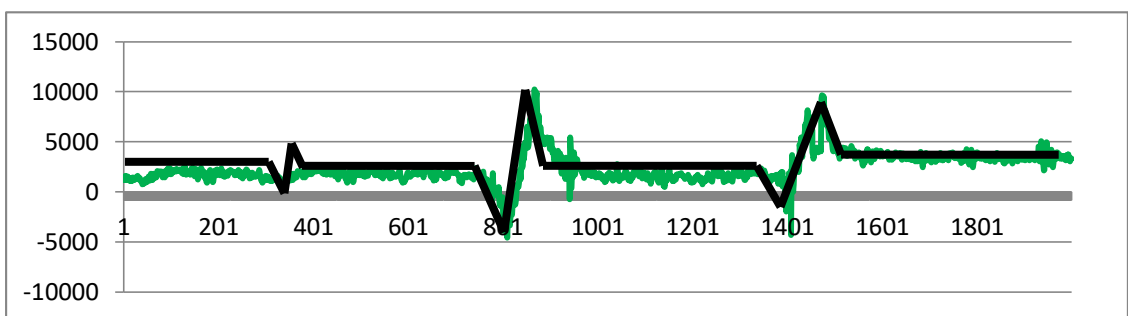
Gambar 6.1 merupakan hasil *output* data modul sensor *Accelerometer* pada percobaan kegiatan atau aktivitas kerja *marking* (penandaan) belok dalam posisi berjongkok. Berikut merupakan grafik *output* data untuk setiap sumbu koordinat.



(a) *Output* data Modul *Accelerometer* pada sumbu x arah horizontal kanan dan kiri *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan secara linier terhadap sumbu x pada posisi punggung bawah (*lower spine*).



(b) *Output* data Modul *Accelerometer* pada sumbu y arah vertikal atas dan bawah *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan secara linier terhadap sumbu y pada posisi punggung bawah (*lower spine*).



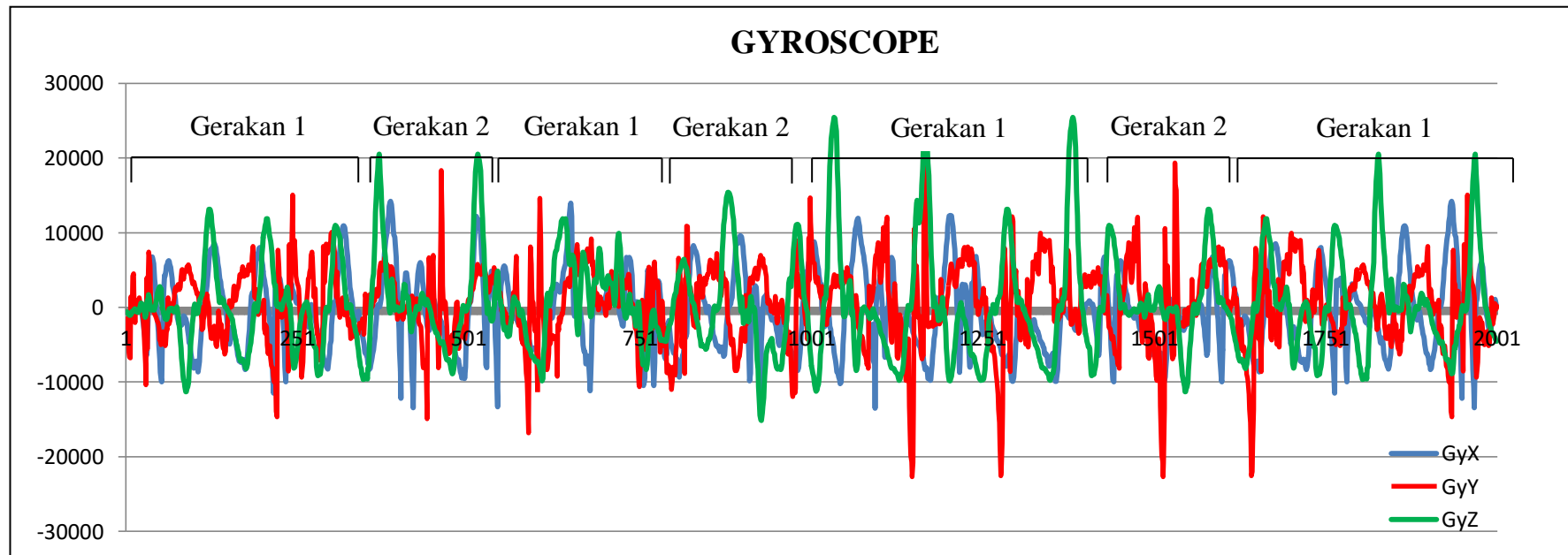
(c) *Output* data Modul *Accelerometer* pada sumbu z arah horizontal depan dan belakang *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan secara linier terhadap sumbu z pada posisi punggung bawah (*lower spine*).

Gambar 6.2 Hasil *Output* Data Modul Sensor *Accelerometer* pada Kegiatan *Marking*: (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z

Gerakan 1 :

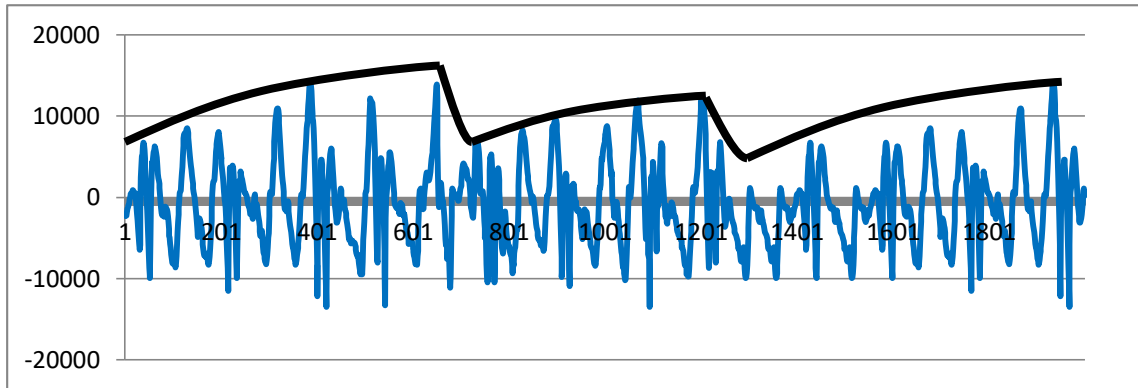


Gerakan 2 :



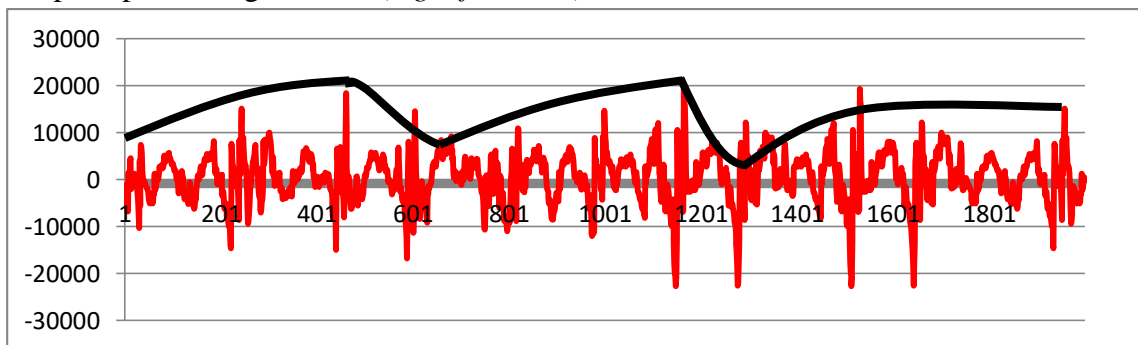
Gambar 6.3 Grafik Hasil *Output* Modul Sensor *Gyroscope* Kegiatan Kerja *Marking* Belok dengan Posisi Berjongkok

Gambar 6.3 merupakan hasil *output* data modul sensor *Gyroscope* pada percobaan kegiatan atau aktivitas kerja *marking* (penandaan) belok dalam posisi berjongkok. Berikut merupakan grafik *output* data untuk setiap sumbu koordinat.



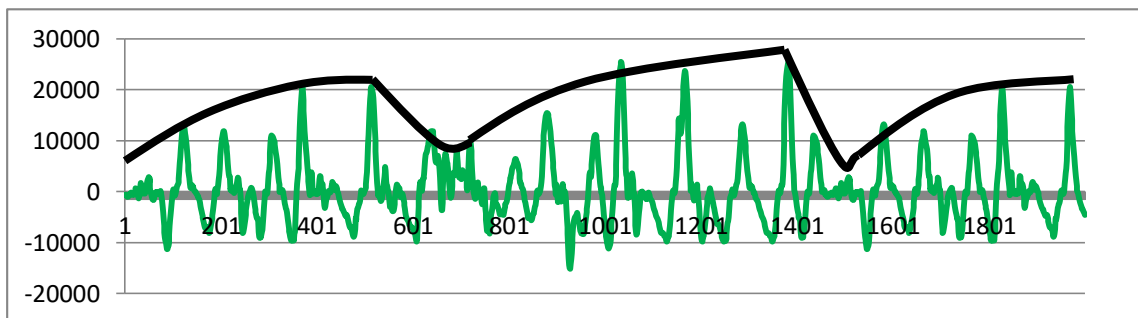
(a) *Output* data Modul *Gyroscope* pada sumbu x arah horizontal kanan dan kiri *fitter*.

Memberikan informasi perubahan percepatan pada sudut tertentu terhadap sumbu x pada posisi tangan kanan (*right fore arm*).



(b) *Output* data Modul *Gyroscope* pada sumbu y arah vertikal atas dan bawah *fitter*.

Memberikan informasi perubahan percepatan pada sudut tertentu terhadap sumbu y pada posisi tangan kanan (*right fore arm*).




(c) *Output* data Modul *Gyroscope* pada sumbu z arah horizontal depan dan belakang *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan pada sudut tertentu terhadap sumbu z pada posisi tangan kanan (*right fore arm*).

Gambar 6.4 Hasil *Output* Data Sensor *Gyroscope* pada Kegiatan *Marking*: (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z

Gambar 6.2 (a), (b), dan (c) serta Gambar 6.4 (a), (b), dan (c) merupakan grafik hasil data *output* dari masing-masing modul sensor yang diletakan pada bagian tubuh pekerja. Adapun nilai hasil *output* yang dihasilkan dari modul sensor yang digunakan terangkum dalam Tabel 6.2 (data selengkapnya terdapat pada lampiran C Tabel 1)

Tabel 6.2 Hasil *Output* Modul Sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* Kegiatan *Marking*

| No. | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
|-----|---------------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| | Sumbu X | Sumbu Y | Sumbu Z | Sumbu X | Sumbu Y | Sumbu Z |
| 1 | 3920 | 16744 | 1176 | -2246 | -1251 | -628 |
| 2 | 3904 | 16968 | 1288 | -2211 | -1300 | -647 |
| 3 | 3884 | 16168 | 1160 | -2242 | -1483 | -638 |
| 4 | 3956 | 15548 | 1576 | -2238 | -3046 | -831 |
| 5 | 3788 | 15884 | 1496 | -1820 | -6114 | -964 |
| 6 | 3732 | 15812 | 1324 | -1424 | -6639 | -1077 |
| 7 | 3728 | 15860 | 1168 | -1210 | -6793 | -1066 |
| 8 | 3968 | 16460 | 1400 | -983 | 1440 | -929 |
| 9 | 3776 | 16720 | 1564 | -820 | -1660 | -730 |
| 10 | 3804 | 16284 | 1392 | -324 | 347 | -512 |



| | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 1990 | 4448 | 15692 | 3700 | -3130 | -4776 | -2204 |
| 1991 | 4324 | 15972 | 3452 | -3119 | -2828 | -2549 |
| 1992 | 4336 | 15900 | 3720 | -2885 | -3061 | -2848 |
| 1993 | 4364 | 15904 | 3528 | -2591 | 1281 | -3145 |
| 1994 | 4452 | 15632 | 3708 | -2118 | -188 | -3389 |
| 1995 | 4336 | 15488 | 3424 | -1415 | -2223 | -3422 |
| 1996 | 4236 | 15516 | 3124 | -667 | -1768 | -3526 |
| 1997 | 3952 | 15252 | 3028 | 736 | -1049 | -3821 |
| 1998 | 4160 | 15140 | 3208 | 1080 | 565 | -4061 |
| 1999 | 4680 | 15260 | 3356 | 843 | 348 | -4282 |
| 2000 | 5024 | 15592 | 3320 | 177 | -188 | -4555 |
| ̄ | 3891 | 15750 | 2351 | -574 | 407 | 398 |
| min | -2392 | 7020 | -4596 | -13480 | -22689 | -15127 |
| max | 10860 | 21420 | 10236 | 14179 | 19352 | 25447 |

Pengambilan data dilakukan selama 60 detik dengan hasil data sebanyak 2000 data untuk setiap sumbu pada masing-masing sensor. *Delay* waktu yang ditentukan adalah 0.03 detik yang artinya sensor akan mengeluarkan data *output* setiap 0.03 detik untuk masing-masing sumbu pada setiap sensor. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil data yang akurat. Berikut merupakan rekapitulasi dari data yang didapatkan dari percobaan yang dilakukan pada 3 orang *fitter*.

Tabel 6.3 Rekapitulasi Hasil *Output* Modul Sensor *Gyroscope* Kegiatan *Marking*

| Kegiatan | Gyroscope | | | | | |
|------------|-----------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -13480 | 14179 | -22689 | 19352 | -15127 | 25447 |
| Pekerja 2 | -13139 | 14520 | -22455 | 19586 | -14982 | 25592 |
| Pekerja 3 | -13701 | 13958 | -22767 | 19274 | -15214 | 25360 |
| \ddot{x} | -13440 | 14219 | -22637 | 19404 | -15108 | 25466 |
| S | 283 | 283 | 162 | 162 | 117 | 117 |

Tabel 6.4 Rekapitulasi Hasil *Output* Modul Sensor *Accelerometer* Kegiatan *Marking*

| Kegiatan | Accelerometer | | | | | |
|------------|---------------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -2392 | 10860 | 7020 | 21420 | -4596 | 10236 |
| Pekerja 2 | -1933 | 11319 | 7256 | 21656 | -4340 | 10492 |
| Pekerja 3 | -2635 | 10617 | 6561 | 20961 | -4827 | 10005 |
| \ddot{x} | -2320 | 10932 | 6946 | 21346 | -4588 | 10244 |
| S | 356 | 356 | 353 | 353 | 244 | 244 |

Nilai simpangan baku data pada Tabel 6.3 dan Tabel 6.4 relatif kecil. Hal ini menyatakan bahwa hasil data sampel yang dilakukan mewakili populasi yang ada. Artinya untuk kegiatan *marking* mempunyai nilai yang relatif sama sebagai data karakteristik. Didapatkan data-data nilai semesta untuk modul sensor yang pertama adalah *Gyroscope* X[-13440 14219], Y[-22637 19404], Z[-15108 25466]. Sedangkan untuk modul sensor yang kedua adalah *Accelerometer* X[-2320 10932], Y[6946 21346], Z[-4588 10244].

6.1.1.2 Analisa Data

Pada Gambar 6.1 dan Gambar 6.3 menunjukkan karakteristik perubahan gerakan yang terjadi pada setiap modul sensor yang terpasang pada tubuh *fitter*. Sensor *Accelerometer* ditempatkan pada punggung yaitu bagian *Lower Spine* (punggung bawah) sedangkan sensor *Gyroscope* ditempatkan pada tangan yaitu pada bagian *Right Fore Arm* (tangan kanan bawah). Terdapat 2 gerakan pada saat *fitter* melakukan kegiatan atau aktivitas tersebut. Gerakan 1 merupakan gerakan pada saat *fitter* melakukan pembuatan garis dengan posisi tetap berjongkok di tempat yang sama. Gerakan 2 merupakan gerakan pada saat *fitter* bergeser terhadap sumbu X dengan posisi tetap berjongkok. Hasil *output* data untuk setiap gerakan ditunjukkan pada grafik Gambar 6.1 dan Gambar 6.3. Karakteristik dari kedua gerakan tersebut adalah sebagai berikut.

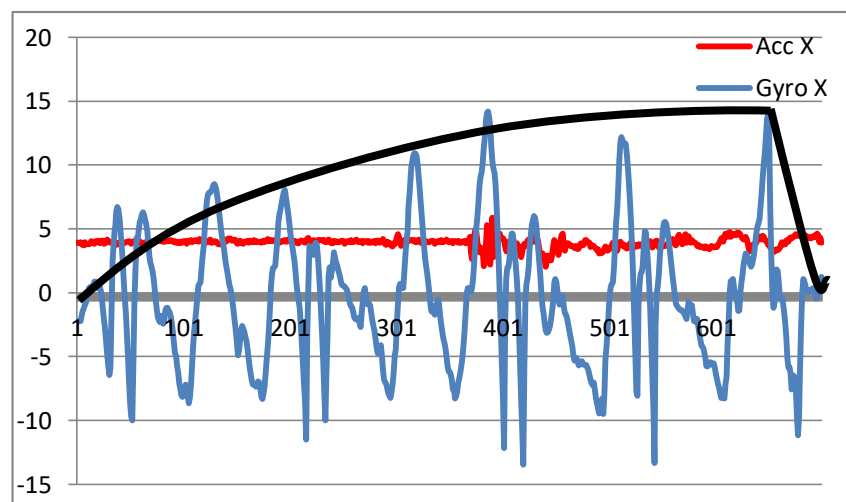
1. Karakteristik Gerakan 1

Gerakan pertama pada kegiatan *marking* (penandaan) adalah ketika *fitter* melakukan pembuatan garis dengan menggunakan *marker tools*. Posisi *fitter* pada gerakan ini relatif tetap yaitu pada posisi berjongkok. Gambar 6.5 merupakan perubahan gerakan yang dialami oleh *fitter* pada saat melakukan gerakan yang pertama.

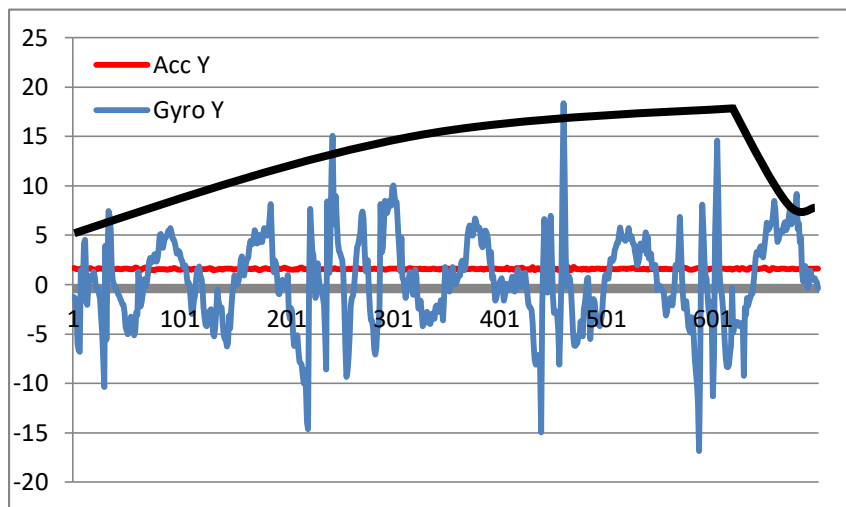


Gambar 6.5 Perubahan Gerakan pada Gerakan 1 Kegiatan *Marking* (Penandaan)

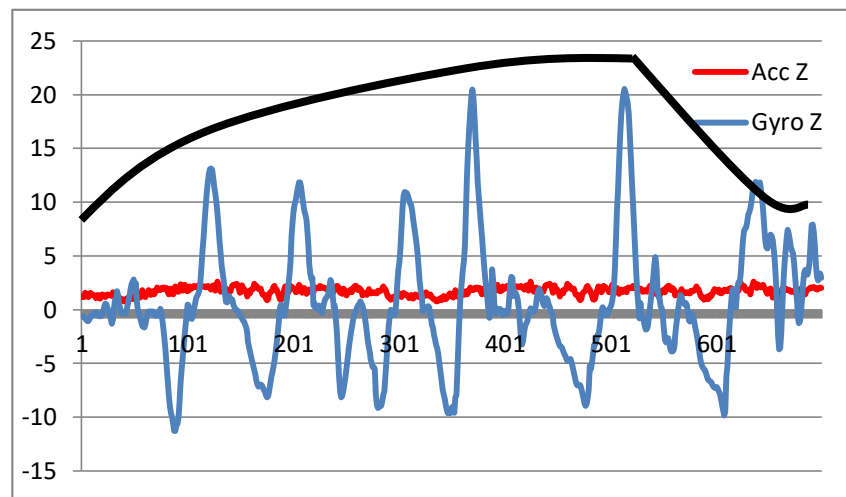
Hasil *output* data yang dikeluarkan oleh setiap modul sensor pada setiap sumbu koordinat dari gerakan pertama adalah sebagai berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6.6 Grafik Data Gerakan 1 Modul Sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* Kegiatan *Marking*:
(a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z

Gambar 6.6 merupakan data *accelerometer* dan *gyroscope* pada setiap sumbu koordinat hasil *logging* data dari Gambar 6.5. Garis merah pada gambar tersebut merupakan hasil data *logging modul sensor accelerometer*. Garis tersebut relatif tidak mengalami perubahan data yang signifikan. Hal ini diwakili dengan Gambar 6.5, terlihat sensor *accelerometer* yang terletak pada punggung (*lower spine*) *fitter* tidak mengalami perubahan posisi yaitu relatif tetap pada posisi berjongkok. Garis biru pada Gambar 6.6 merupakan hasil *logging* data pada modul sensor *gyroscope*. Garis tersebut mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini diwakili dengan Gambar 6.5, terlihat sensor *gyroscope* yang terletak pada tangan kanan (*right fore arm*) melakukan aktifitas *marking* (penandaan).

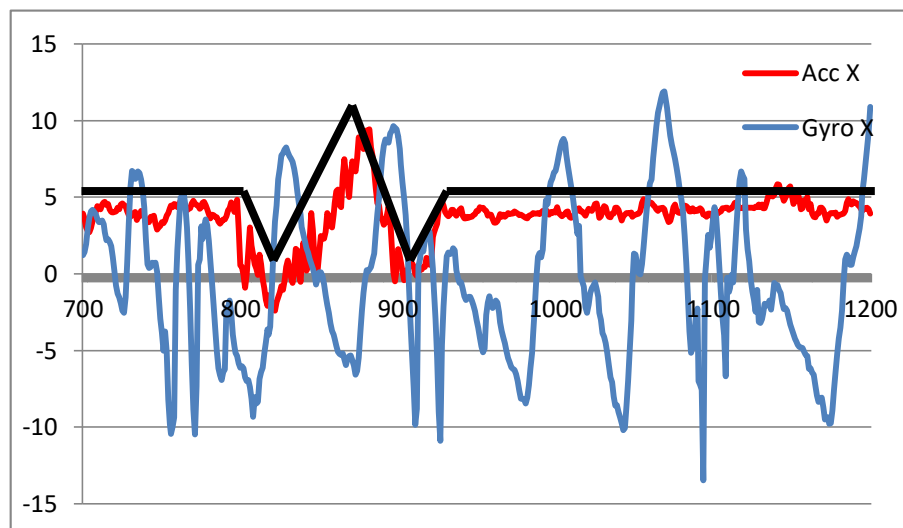
2. Karakteristik Gerakan 2

Gerakan kedua pada kegiatan *marking* (penandaan) adalah ketika *fitter* melakukan perubahan tempat dengan cara bergeser. Posisi *fitter* pada gerakan ini relatif tetap yaitu pada posisi berjongkok. Berikut merupakan perubahan gerakan yang dialami oleh *fitter* pada saat melakukan gerakan yang kedua.

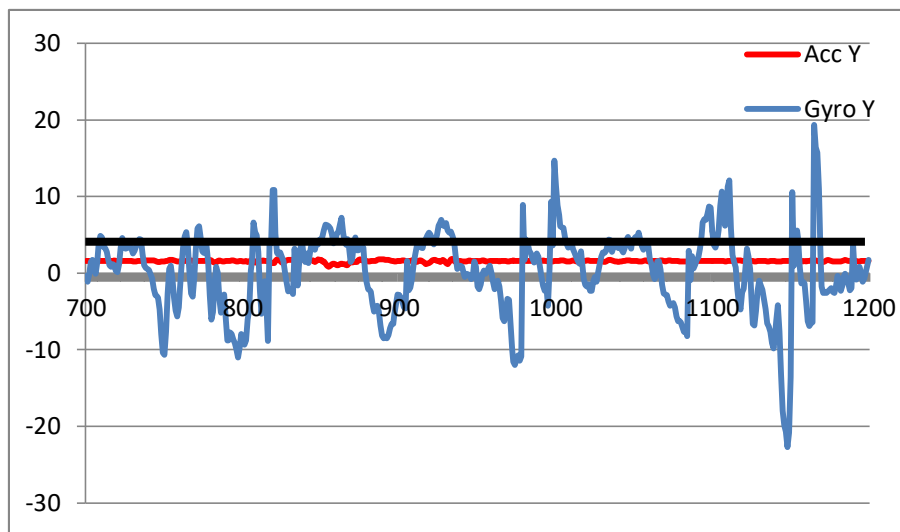


Gambar 6.7 Perubahan Gerakan pada Gerakan 2 Kegiatan *Marking* (Penandaan)

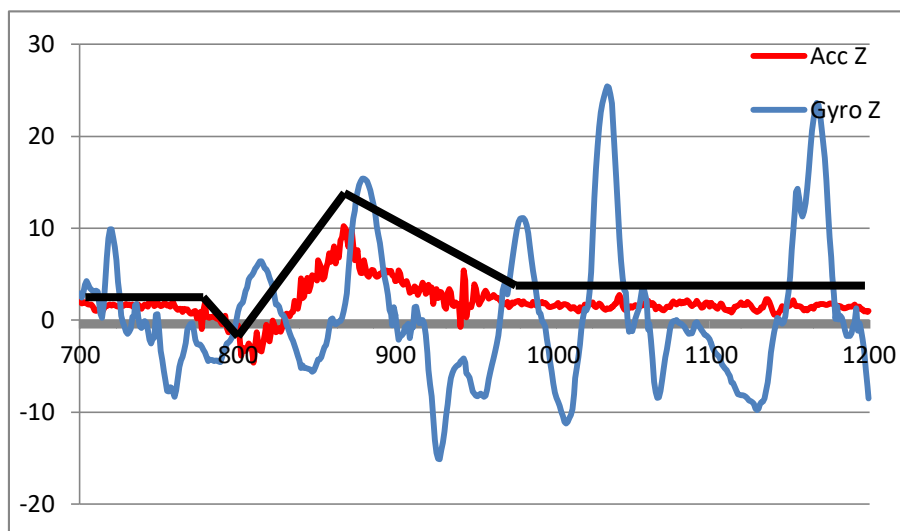
Hasil *output* data yang dikeluarkan oleh setiap modul sensor pada setiap sumbu koordinat dari gerakan kedua adalah sebagai berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6.8 Grafik Data Gerakan 2 Modul Sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope*: (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z

Gambar 6.8 merupakan grafik *output* data *accelerometer* dan *gyroscope* pada setiap sumbu koordinat hasil *logging* data dari Gerakan kedua. Gerakan ini merupakan gerak bergeser dengan posisi tetap berjongkok. Garis merah pada Gambar 6.8 merupakan hasil data *logging modul* sensor *accelerometer*. Garis pada sumbu X dan sumbu Z mengalami perubahan yang signifikan. Perubahan data ini terjadi karena pekerja melakukan perubahan gerakan yaitu bergeser ke arah sumbu X. Gerakan bergeser tersebut mempengaruhi data pada sumbu Z yaitu arah horizontal depan dan belakang pekerja. Pada sumbu Y tidak terjadi perubahan data yang signifikan karena posisi pekerja pada saat bergeser tidak mengalami perubahan ketinggian terhadap arah vertikal atas dan

bawah. Hal ini diwakili pada Gambar 6.8, terlihat sensor *accelerometer* yang terletak pada punggung (*lower spine*) pada *fitter* mengalami perubahan posisi sesuai gerakan tersebut. Garis biru pada Gambar 6.8 merupakan data *logging* modul sensor *gyroscope* pada saat melakukan gerakan kedua. Terjadi perubahan data yang signifikan pada setiap sumbu koordinat. Hal ini diwakili dengan Gambar 6.8, terlihat sensor *gyroscope* yang terletak pada tangan kanan (*right fore arm*) mengalami perubahan sesuai tersebut.

6.1.1.3 Hasil Akhir

Pada percobaan yang telah dilakukan pada kegiatan atau aktivitas kerja *marking* (penandaan) belok dengan posisi berjongkok menghasilkan suatu *range* atau semesta data pada kegiatan atau aktivitas tersebut. Berikut merupakan *data character* (karakteristik data) dari kegiatan atau aktivitas *marking* (penandaan) belok dengan posisi berjongkok.

Tabel 6.5 Karakteristik Data *Marking* (Penandaan) Belok Posisi Berjongkok

| Data Karakteristik (<i>Character Data</i>) | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
|---|----------------------|-------|-------|------------------|--------|--------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| Data Minimum (<i>min</i>) | -2320 | 6946 | -4588 | -13440 | -22637 | -15108 |
| Data Maksimum (<i>max</i>) | 10932 | 21346 | 10244 | 14219 | 19404 | 25466 |
| Data Rata-rata (<i>mean</i>) | 3891 | 15750 | 2351 | -574 | 407 | 398 |

Dari data pada Tabel 6.5 digunakan untuk menentukan apakah *fitter* tersebut melakukan pekerjaan *marking* atau tidak. *Range* atau semesta data inilah yang akan digunakan sebagai *data character* (karakteristik data) dari kegiatan atau aktivitas kerja tersebut. Range data yang dimaksud adalah nilai antara data maksimum dan data minimum pada setiap sumbu yaitu sumbu x, sumbu y, dan sumbu z pada setiap modul sensor yang digunakan.

6.1.2 Cutting (Pemotongan)

Cutting merupakan proses pemotongan material yang telah dilakukan penandaan (*marking*). Pemotongan ini dapat dilakukan secara manual menggunakan mesin potong skator, *handy auto*, atau blander mesin sesuai dengan kebutuhan alat yang sesuai untuk pemotongan tersebut.

6.1.2.1 Hasil Percobaan

Berikut merupakan hasil *plotting* pengambilan data modul sensor *Accelerometer* yang dilakukan pada kegiatan atau aktivitas kerja *cutting* (pemotongan) lurus dengan menggunakan mesin skator dengan posisi berjongkok.

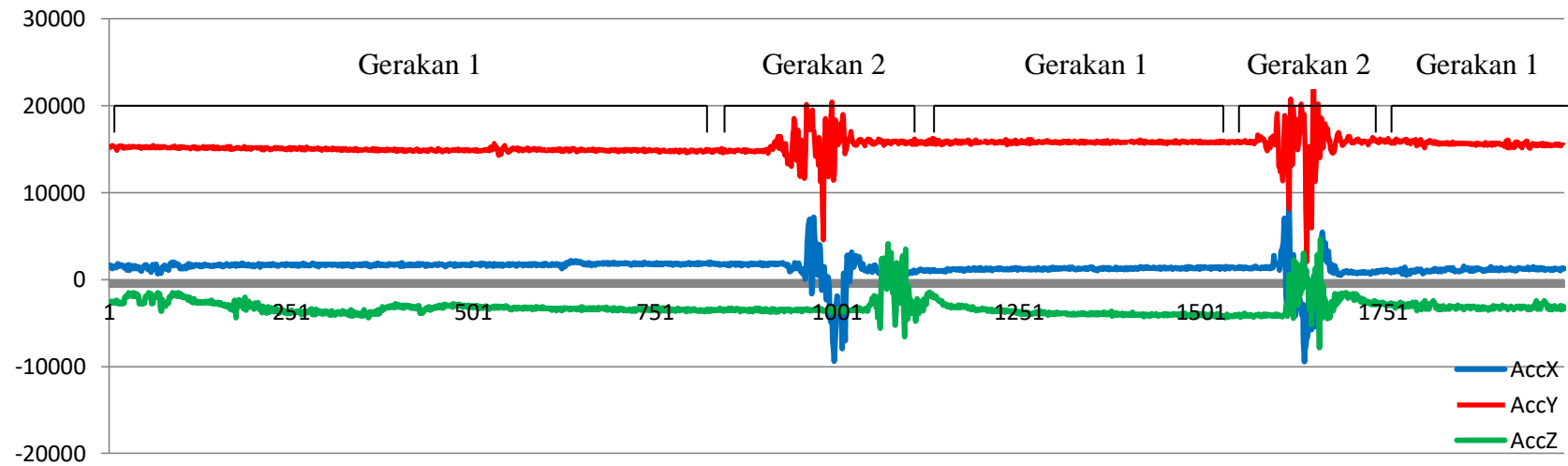
Gerakan 1 :



Gerakan 2 :

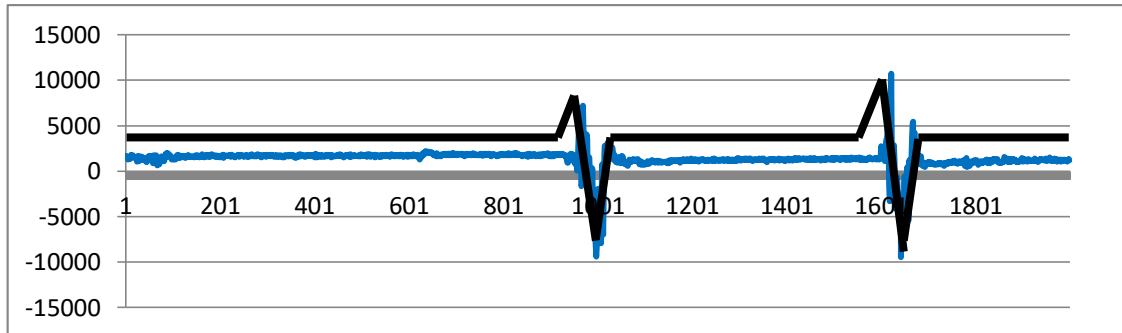


ACCELEROMETER

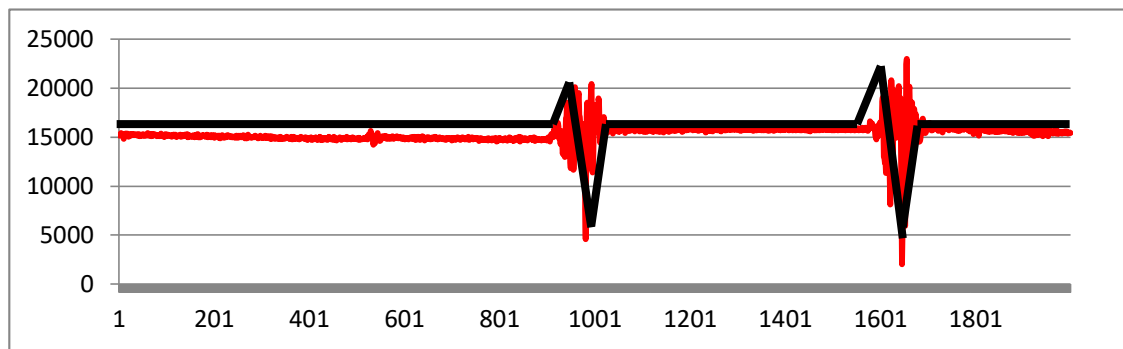


Gambar 6.9 Grafik Hasil *Output* Modul Sensor *Accelerometer* Kegiatan Kerja *Cutting* Lurus Menggunakan Skator Posisi Berjongkok

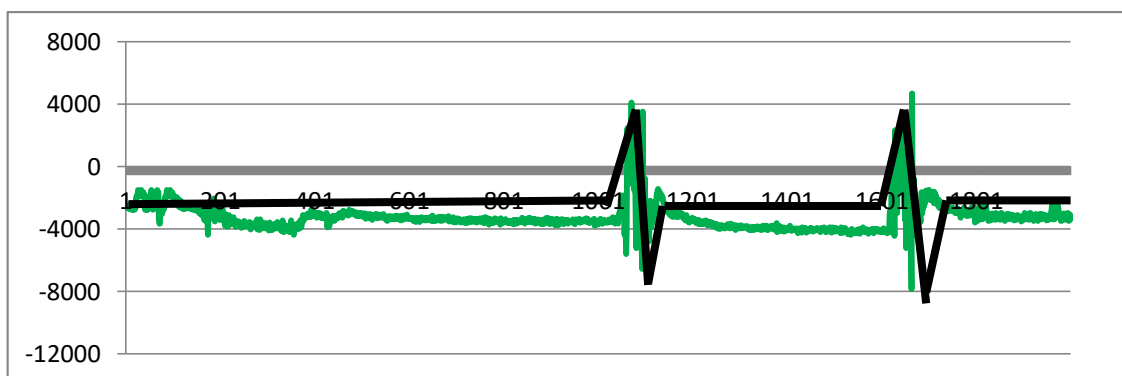
Gambar 6.9 merupakan hasil *output* data modul sensor *Accelerometer* pada percobaan kegiatan atau aktivitas kerja *cutting* (pemotongan) lurus dengan menggunakan skator dalam posisi berjongkok. Berikut merupakan grafik *output* data untuk setiap sumbu koordinat.



(a) *Output* data Modul *Accelerometer* pada sumbu x arah horizontal kanan dan kiri *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan secara linier terhadap sumbu x pada posisi punggung bawah (*lower spine*).



(b) *Output* data Modul *Accelerometer* pada sumbu y arah horizontal depan dan belakang *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan secara linier terhadap sumbu y pada posisi punggung bawah (*lower spine*).



(c) *Output* data Modul *Accelerometer* pada sumbu z arah horizontal depan dan belakang *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan secara linier terhadap sumbu z pada posisi punggung bawah (*lower spine*).

Gambar 6.10 Hasil *Output* Data Modul Sensor *Accelerometer* pada Kegiatan *Cutting*: (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z

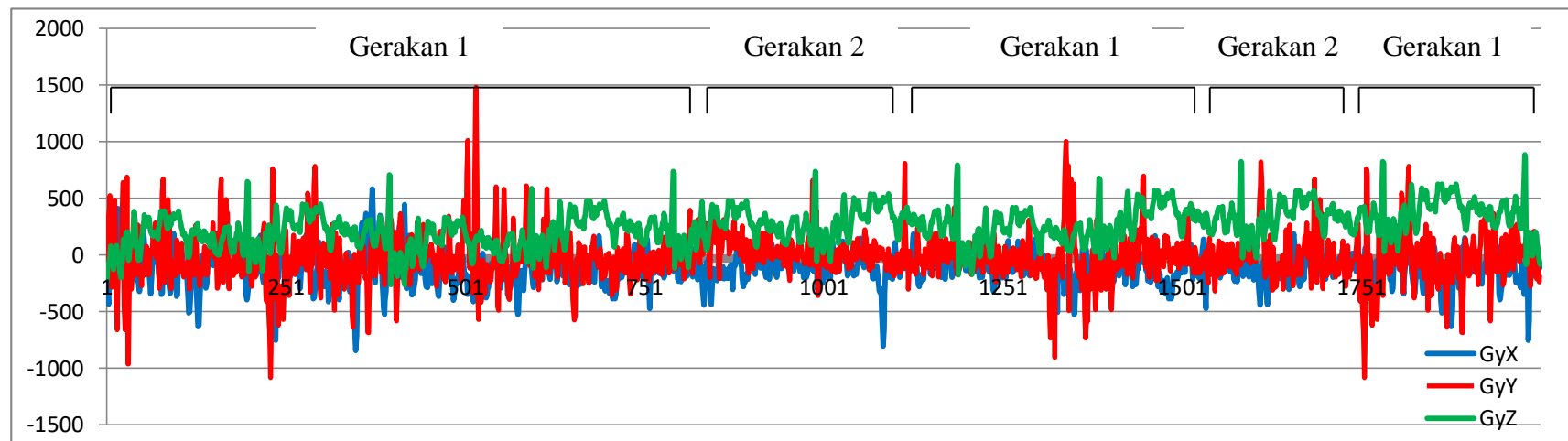
Gerakan 1 :



Gerakan 2 :

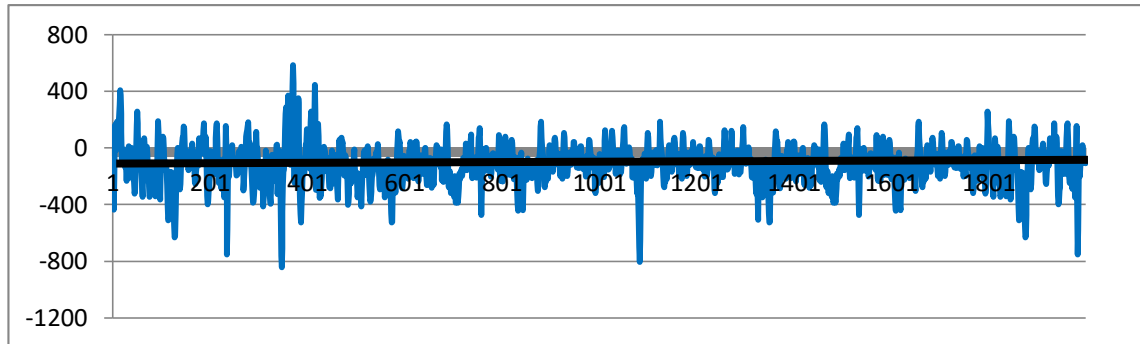


GYROSCOPE



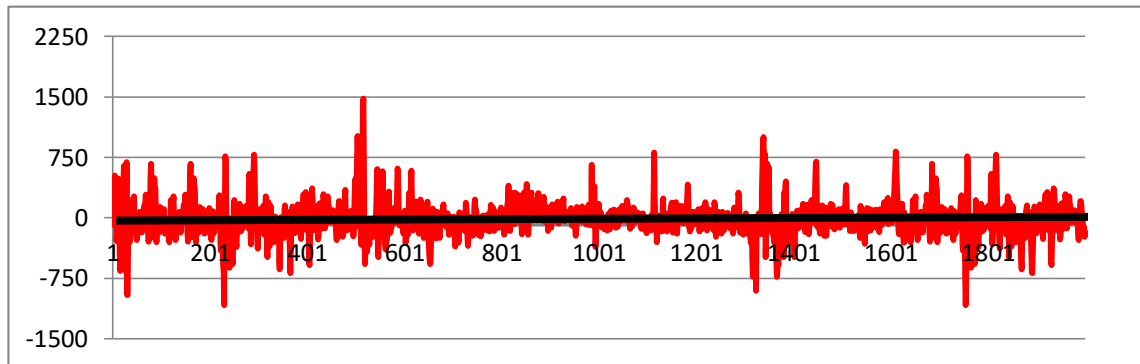
Gambar 6.11 Grafik Hasil *Output* Modul Sensor *Gyroscope* Kegiatan Kerja *Cutting* Lurus Menggunakan Skator Posisi Berjongkok

Gambar 6.11 merupakan hasil *output* data modul sensor *Gyroscope* pada percobaan kegiatan atau aktivitas kerja *cutting* (pemotongan) lurus dengan menggunakan skator dalam posisi berjongkok. Berikut merupakan grafik *output* data untuk setiap sumbu koordinat.



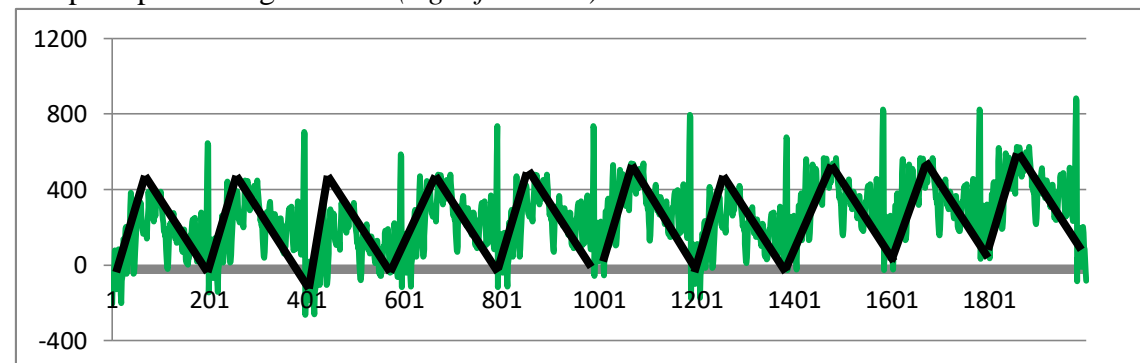
(a) *Output* data Modul *Gyroscope* pada sumbu x arah horizontal kanan dan kiri *fitter*.

Memberikan informasi perubahan percepatan pada sudut tertentu terhadap sumbu x pada posisi tangan kanan (*right fore arm*).



(b) *Output* data Modul *Gyroscope* pada sumbu y arah horizontal kanan dan kiri *fitter*.

Memberikan informasi perubahan percepatan pada sudut tertentu terhadap sumbu y pada posisi tangan kanan (*right fore arm*).



(c) *Output* data Modul *Gyroscope* pada sumbu z arah horizontal depan dan belakang *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan pada sudut tertentu terhadap sumbu z pada posisi tangan kanan (*right fore arm*).

Gambar 6.12 Hasil *Output* Data Sensor *Gyroscope* pada Kegiatan *Cutting*: (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z

Gambar 6.10 (a), (b), dan (c) serta Gambar 6.12 (a), (b), dan (c) merupakan grafik hasil data *output* dari masing-masing modul sensor yang diletakan pada bagian tubuh pekerja. Adapun nilai hasil *output* yang dihasilkan dari modul sensor yang digunakan terangkum dalam Tabel 6.6 (data selengkapnya terdapat pada lampiran C Tabel 1)

Tabel 6.6 Hasil *Output* Modul Sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* Kegiatan *Cutting*

| No. | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
|-----------------------------|---------------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| | Sumbu X | Sumbu Y | Sumbu Z | Sumbu X | Sumbu Y | Sumbu Z |
| 1 | 1648 | 15220 | -2584 | -16 | -84 | -205 |
| 2 | 1660 | 15172 | -2588 | -353 | 166 | -88 |
| 3 | 1608 | 15288 | -2660 | -435 | 336 | -86 |
| 4 | 1572 | 15300 | -2500 | -216 | 398 | -60 |
| 5 | 1268 | 15428 | -2556 | 101 | 526 | -4 |
| 6 | 1380 | 15356 | -2676 | 166 | 361 | 78 |
| 7 | 1388 | 15308 | -2628 | -8 | 75 | 39 |
| 8 | 1532 | 15320 | -2508 | -19 | -287 | -70 |
| 9 | 1488 | 15196 | -2728 | 147 | -203 | -65 |
| 10 | 1360 | 15140 | -2500 | 184 | 184 | -129 |
| | | | | | | |
| 1990 | 1196 | 15424 | -3384 | -41 | 87 | -10 |
| 1991 | 1188 | 15432 | -3356 | -30 | 207 | 46 |
| 1992 | 1216 | 15512 | -3216 | -100 | 208 | 87 |
| 1993 | 1220 | 15576 | -3184 | -55 | 139 | 162 |
| 1994 | 1104 | 15492 | -3408 | 21 | 53 | 202 |
| 1995 | 1028 | 15388 | -2992 | -47 | -131 | 172 |
| 1996 | 1204 | 15500 | -3036 | -103 | -213 | 94 |
| 1997 | 1304 | 15496 | -3484 | -69 | -142 | 84 |
| 1998 | 1232 | 15460 | -3424 | -88 | -110 | 24 |
| 1999 | 1312 | 15488 | -3068 | -97 | -238 | -34 |
| 2000 | 1232 | 15428 | -3380 | -110 | -177 | -83 |
| \bar{x} | 1320 | 15368 | -3226 | -117 | -19 | 253 |
| min | -9452 | 2048 | -7856 | -843 | -1083 | -264 |
| max | 10724 | 22984 | 4668 | 584 | 1481 | 884 |

Pengambilan data dilakukan selama 60 detik dengan hasil data sebanyak 2000 data untuk setiap sumbu pada masing-masing sensor. *Delay* waktu yang ditentukan adalah 0.03 detik yang artinya sensor akan mengeluarkan data *output* setiap 0.03 detik untuk masing-masing sumbu pada setiap sensor. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil data yang akurat. Berikut merupakan rekapitulasi dari data yang didapatkan dari percobaan yang dilakukan pada 3 orang *fitter*.

Tabel 6.7 Rekapitulasi Hasil *Output* Modul Sensor *Gyroscope* Kegiatan *Cutting*

| Kegiatan | Gyroscope 1 | | | | | |
|-----------|-------------|-----|---------|------|---------|------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -843 | 584 | -1083 | 1481 | -264 | 884 |
| Pekerja 2 | -819 | 608 | -1066 | 1498 | -229 | 919 |
| Pekerja 3 | -692 | 735 | -724 | 1840 | -102 | 1046 |
| \bar{x} | -785 | 642 | -958 | 1606 | -198 | 950 |
| S | 81 | 81 | 203 | 203 | 85 | 85 |

Tabel 6.8 Rekapitulasi Hasil *Output* Modul Sensor *Accelerometer* Kegiatan *Cutting*

| Kegiatan | Accelerometer | | | | | |
|-----------|---------------|-------|---------|-------|---------|------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -9452 | 10724 | 2048 | 22984 | -7856 | 4668 |
| Pekerja 2 | -9193 | 10983 | 2416 | 23352 | -7567 | 4957 |
| Pekerja 3 | -8737 | 11439 | 3073 | 24009 | -7100 | 5424 |
| \bar{x} | -9127 | 11049 | 2512 | 23448 | -7508 | 5016 |
| S | 362 | 362 | 519 | 519 | 381 | 381 |

Nilai simpangan baku data pada Tabel 6.7 dan Tabel 6.8 relatif kecil. Hal ini menyatakan bahwa hasil data sampel yang dilakukan mewakili populasi yang ada. Artinya untuk kegiatan *marking* mempunyai nilai yang relatif sama sebagai data karakteristik. Didapatkan data-data nilai semesta untuk modul sensor yang pertama adalah *Gyroscope* X[-785 642], Y[-958 1606], Z[-198 950]. Sedangkan untuk modul sensor yang kedua adalah *Accelerometer* X[-9127 11049], Y[2512 23448], Z[-7508 5016].

6.1.2.2 Analisa Data

Pada Gambar 6.9 dan Gambar 6.11 menunjukkan karakteristik perubahan gerakan yang terjadi pada setiap modul sensor yang terpasang pada tubuh *fitter* ketika melakukan kegiatan atau aktivitas kerja *cutting* (pemotongan) dengan menggunakan mesin skator posisi berjongkok. Terdapat 2 gerakan pada saat *fitter* melakukan kegiatan atau aktivitas tersebut. Gerakan pertama merupakan gerakan pada saat *fitter* menarik mesin skator ke belakang horizontal teradap sumbu Z dengan menggunakan tangan kanan. Pada gerakan tersebut posisi *fitter* tetap pada posisi berjongkok. Gerakan kedua merupakan gerakan pada saat *fitter* mundur ke arah belakang horizontal terhadap sumbu Z dengan posisi tetap berjongkok. Hasil *output* data untuk setiap gerakan ditunjukkan pada grafik pada Gambar 6.9 dan Gambar 6.11. Karakteristik dari kedua gerakan tersebut adalah sebagai berikut.

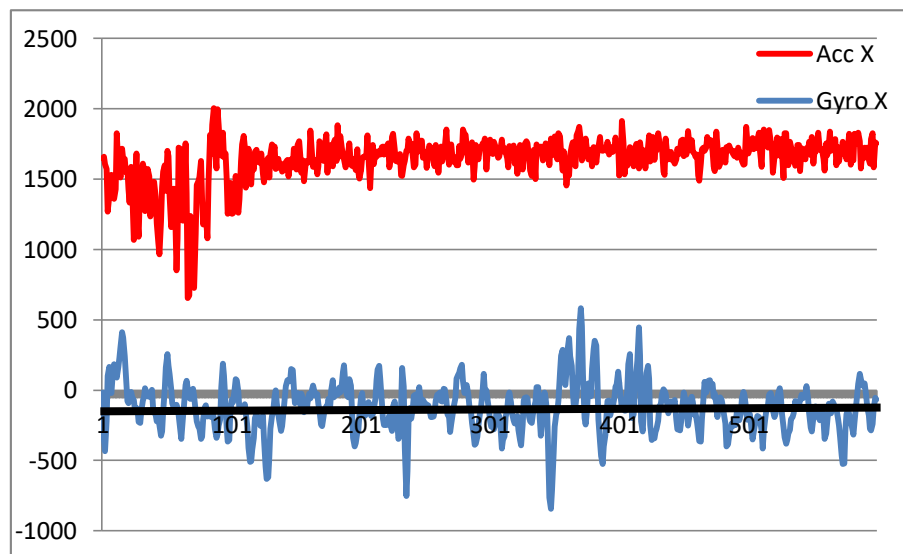
1. Karakteristik Gerakan 1

Gerakan pertama pada kegiatan *cutting* (pemotongan) adalah ketika *fitter* menarik mesin skator ke belakang horizontal teradap sumbu Z dengan menggunakan tangan kanan. Pada gerakan tersebut posisi *fitter* tetap pada posisi berjongkok. Gambar 6.13 merupakan perubahan gerakan yang dialami oleh *fitter* pada saat melakukan gerakan yang pertama.

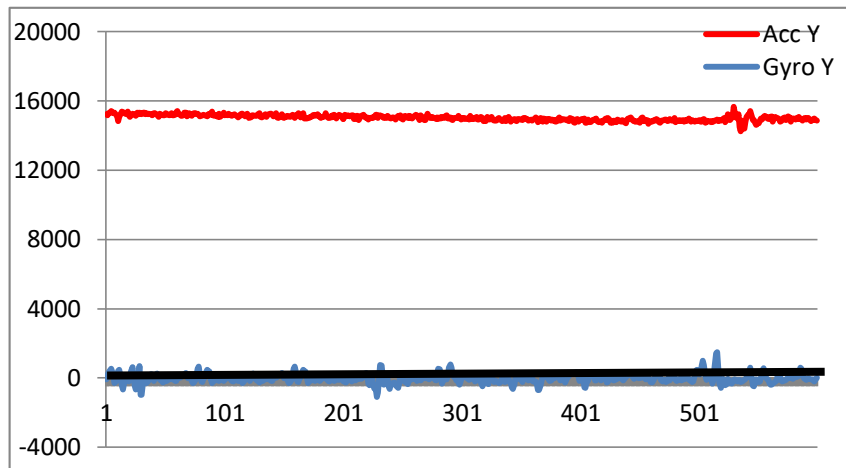


Gambar 6.13 Perubahan Gerakan pada Gerakan 1 Kegiatan *Cutting* (Pemotongan)

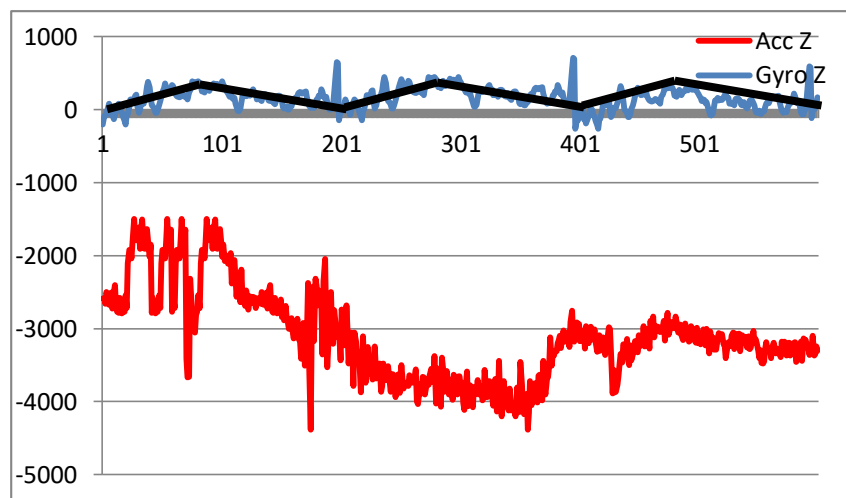
Hasil *output* data yang dikeluarkan oleh setiap modul sensor pada setiap sumbu koordinat dari gerakan pertama adalah sebagai berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6.14 Grafik Data Gerakan 1 Modul Sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* Kegiatan *Cutting*:
(a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z

Gambar 6.14 merupakan grafik data *accelerometer* dan *gyroscope* pada setiap sumbu koordinat hasil *logging* data dari Gambar 6.13. Garis merah pada Gambar 6.14 merupakan hasil data *logging modul* sensor *accelerometer*. Garis tersebut relatif tidak mengalami perubahan data yang signifikan. Hal ini diwakili dengan Gambar 6.13, terlihat sensor *accelerometer* yang terletak pada punggung (*lower spine*) pada *fitter* tidak mengalami perubahan posisi. Garis biru pada Gambar 6.14 merupakan hasil *logging* data pada modul sensor *gyroscope*. Garis tersebut mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini diwakili dengan Gambar 6.13, terlihat sensor *gyroscope* yang terletak pada tangan kanan (*right fore arm*) melakukan gerakan menarik ke arah belakang pada arah horizontal terhadap sumbu Z. Kecepatan pemotongan yang relatif tetap membuat data percepatan yang dihasilkan oleh sensor *gyroscope* tidak mengalami perubahan yang signifikan.

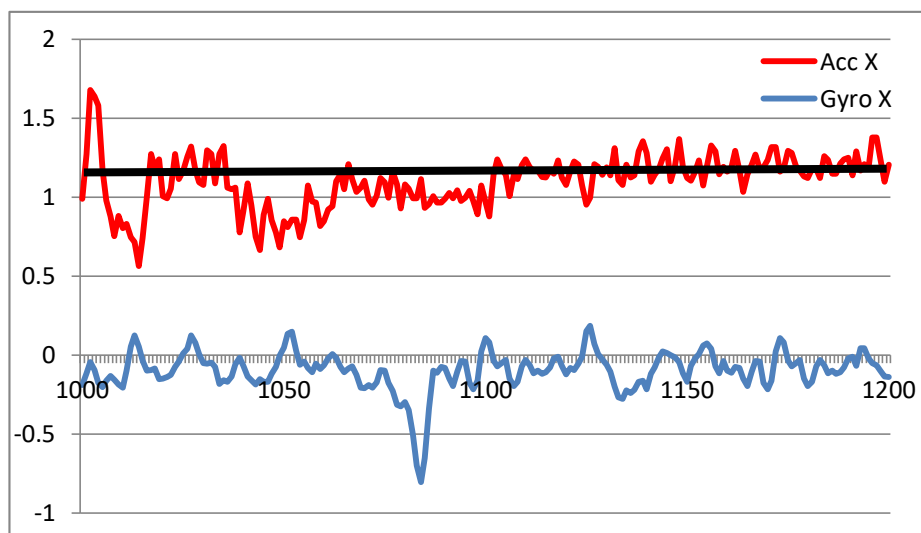
2. Karakteristik Gerakan 2

Gerakan kedua pada kegiatan *cutting* (pemotongan) adalah ketika *fitter* mundur ke arah belakang horizontal terhadap sumbu Z dengan posisi tetap berjongkok. Gambar 6.15 merupakan perubahan gerakan yang dialami oleh *fitter* pada saat melakukan gerakan yang kedua.

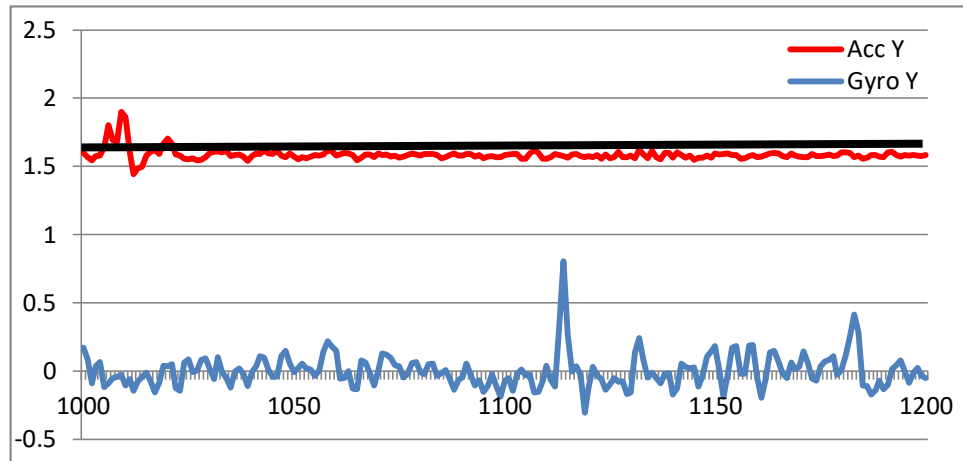


Gambar 6.15 Perubahan Gerakan pada Gerakan 2 Kegiatan *Cutting* (Pemotongan)

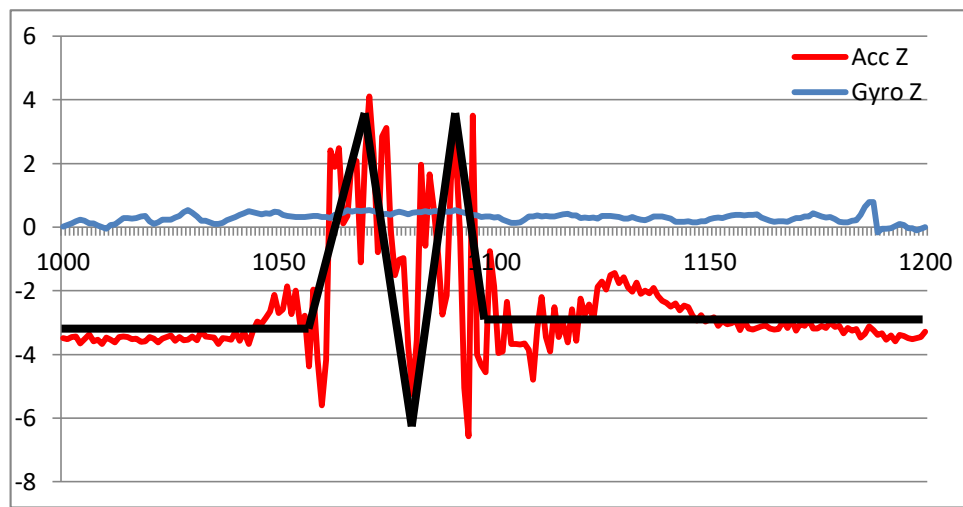
Hasil *output* data yang dikeluarkan oleh setiap modul sensor pada setiap sumbu koordinat dari gerakan kedua adalah sebagai berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6.16 Grafik Data Gerakan 2 Modul Sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* Kegiatan *Cutting*: (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z

Gambar 6.16 merupakan grafik data *accelerometer* dan *gyroscope* pada setiap sumbu koordinat hasil *logging* data dari Gerakan ke 2. Gerakan ke 2 ini merupakan gerak mundur dengan posisi tetap berjongkok. Garis merah pada Gambar 6.16 merupakan hasil data *logging modul sensor accelerometer*. Garis pada sumbu X dan sumbu Y tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini terjadi karena pada saat *fitter* melakukan gerakan mundur ke belakang, sumbu koordinat yang paling terpengaruh adalah sumbu Z karena *fitter* melakukan gerakan mundur pada sumbu ini. Sedangkan untuk sumbu Y relatif tidak terpengaruh karena pada saat *fitter* melakukan gerakan mundur posisi *fitter* tetap yaitu pada posisi berjongkok. Hal inilah yang membuat data tidak berubah secara signifikan. Hal yang sama terjadi pada sumbu X karena sumbu ini merupakan sumbu horizontal kanan dan kiri terhadap *fitter*. Jadi apabila gerakan yang dilakukan adalah mundur maka sumbu X ini relatif tidak terpengaruh. Hal ini diwakili dengan Gambar

6.15, terlihat sensor *accelerometer* yang terletak pada punggung bawah (*lower spine*) pada pekerja mengalami perubahan posisi sesuai gerakan pekerja. Garis biru pada Gambar 6.16 merupakan data *logging* modul sensor *gyroscope* pada saat melakukan gerakan 2. Perubahan yang terjadi pada sensor ini tidak signifikan dan relatif tetap. Hal ini dikarenakan tangan kanan *fitter* mengikuti gerak dari mesin skator yang mempunyai kecepatan yang tetap. Keadaan inilah yang membuat data percepatan pada setiap sumbu sensor *gyroscope* relatif tetap. Hal ini diwakilki dengan Gambar 6.15, terlihat sensor *gyroscope* yang terletak pada tangan kanan (*right fore arm*) tidak mengalami perubahan dan bergerak mengikuti mesin skator.

6.1.2.3 Hasil Akhir

Pada percobaan yang telah dilakukan pada kegiatan atau aktivitas kerja *cutting* (pemotongan) lurus dengan menggunakan mesin skator posisi berjongkok menghasilkan suatu *range* atau semesta data pada kegiatan atau aktivitas tersebut. *Range* atau semesta data inilah yang akan digunakan sebagai *data character* (karakteristik data) dari kegiatan atau aktivitas kerja tersebut. Berikut merupakan *data character* (karakteristik data) dari kegiatan atau aktivitas kerja *cutting* (pemotongan) lurus dengan menggunakan mesin skator posisi berjongkok.

Tabel 6.9 Karakteristik Data *Cutting* (Pemotongan) Lurus Posisi Berjongkok

| Data Karakteristik (<i>Character Data</i>) | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
|---|----------------------|-------|-------|------------------|-------|------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| Data Minimum (<i>min</i>) | -9452 | 2048 | -7856 | -834 | -1038 | -264 |
| Data Maksimum (<i>max</i>) | 10724 | 22984 | 4668 | 584 | 1481 | 884 |
| Data Rata-rata (<i>mean</i>) | 1320 | 15368 | -3226 | -117 | -19 | 253 |

6.1.3 Tag Weld (Pengelasan Titik)

Perakitan dilakukan dengan melakukan *tag weld* atau las titik antara *panel* satu dengan yang lain untuk kemudian dilakukan pengelasan (*welding*) oleh seorang *welder*. *Tag weld* (pengelasan titik) pada proses *assembly* dilakukan dengan tujuan untuk mengunci komponen-komponen yang telah dirakit sesuai dengan *production drawing* (gambar produksi).

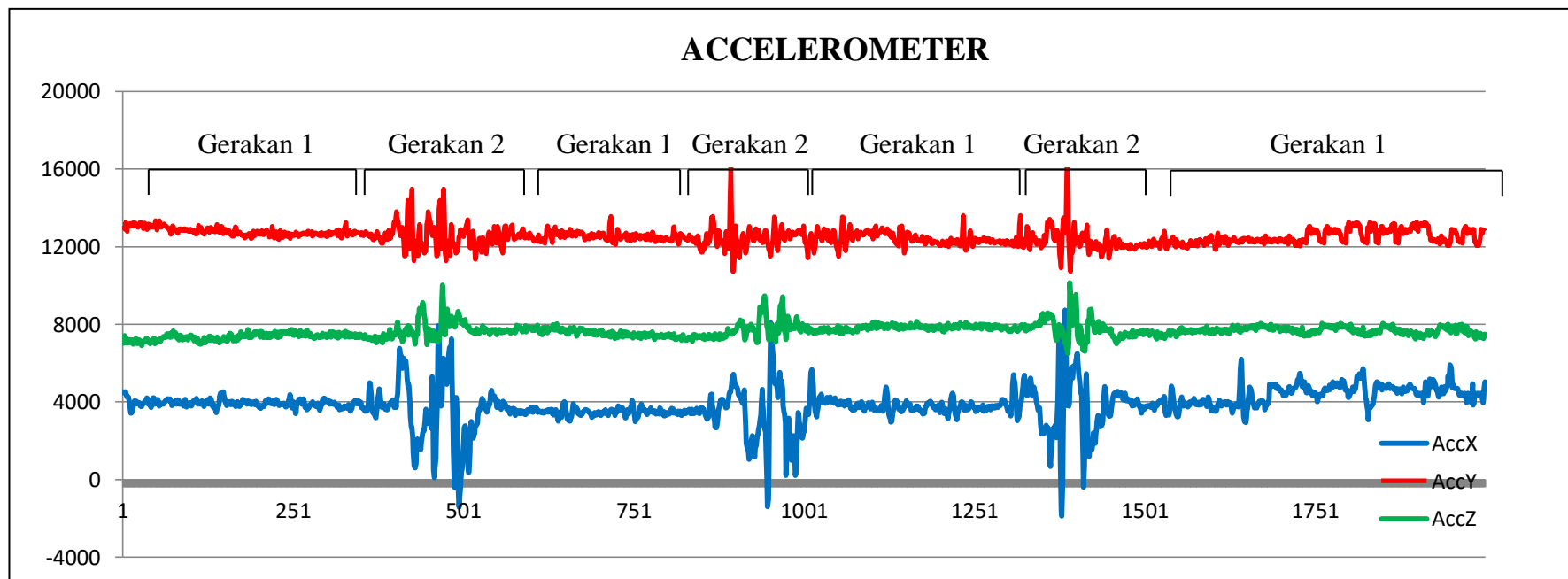
6.1.3.1 Hasil Percobaan

Berikut merupakan hasil *plotting* pengambilan data modul sensor *Accelerometer* yang dilakukan pada kegiatan atau aktivitas kerja *tag weld* (pengelasan titik) dengan posisi berdiri.

Gerakan 1 :

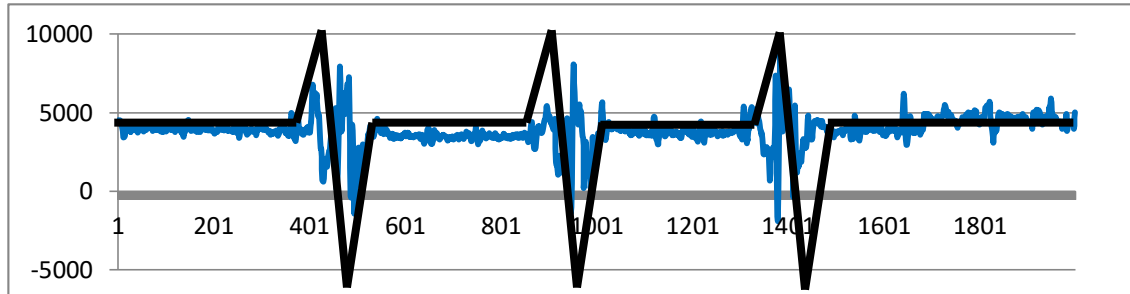


Gerakan 2 :

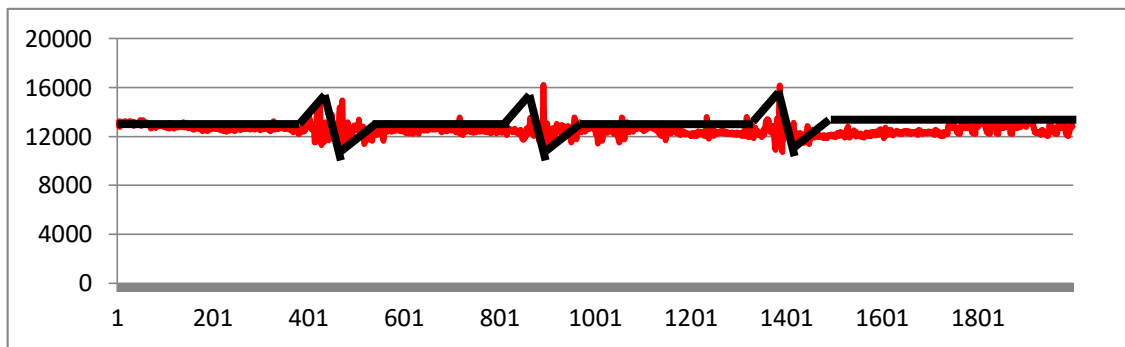


Gambar 6.17 Grafik Hasil *Output* Modul Sensor *Accelerometer* Kegiatan Kerja *Tag Weld* (Pengelasan Titik) Posisi Berdiri

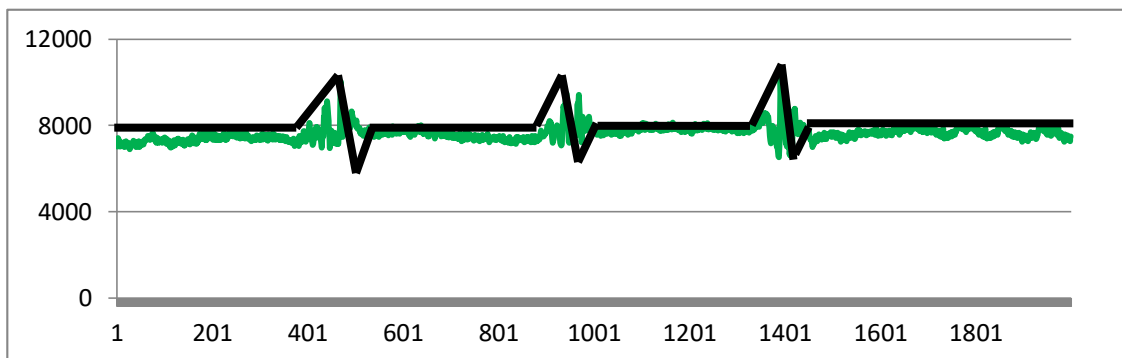
Gambar 6.17 merupakan hasil *output* data modul sensor *Accelerometer* pada percobaan kegiatan atau aktivitas kerja *tag weld* (pengelasan titik) dalam posisi berdiri. Modul sensor diletakan pada punggung yaitu posisi *Lower Spine* (punggung bawah). Berikut merupakan grafik *output* data untuk setiap sumbu koordinat.



(a) *Output* data Modul *Accelerometer* pada sumbu x arah horizontal kanan dan kiri *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan secara linier terhadap sumbu x pada posisi punggung bawah (*lower spine*).



(b) *Output* data Modul *Accelerometer* pada sumbu y arah horizontal depan dan belakang *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan secara linier terhadap sumbu y pada posisi punggung bawah (*lower spine*).



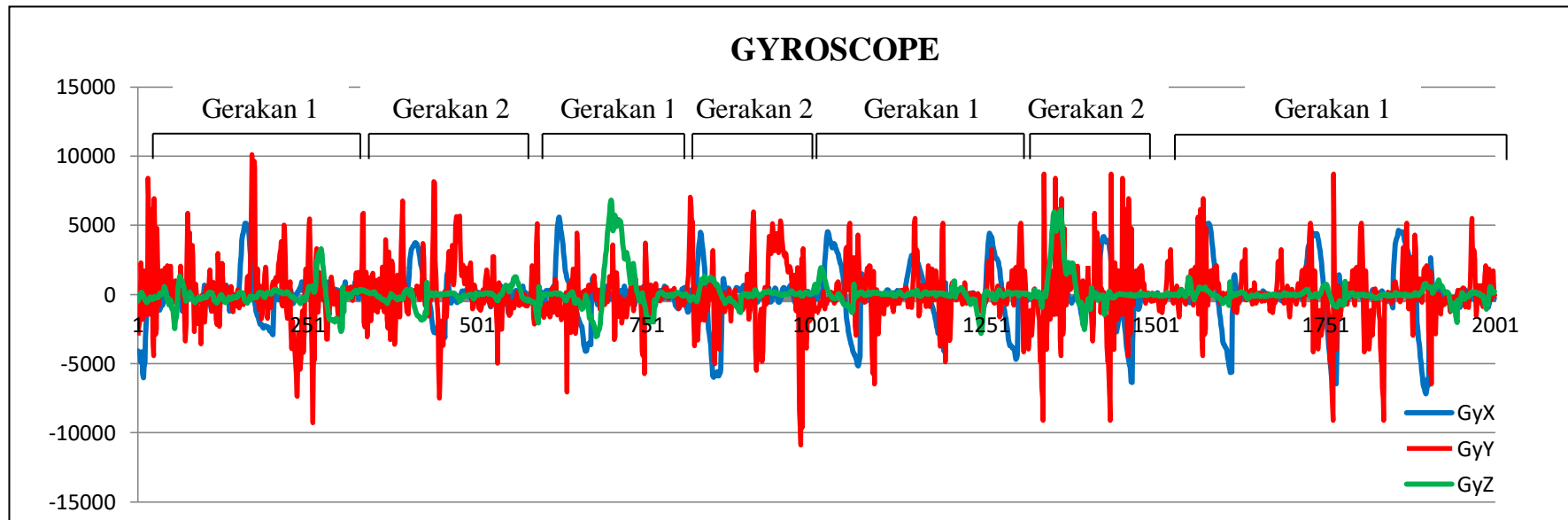
(c) *Output* data Modul *Accelerometer* pada sumbu z arah horizontal depan dan belakang *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan secara linier terhadap sumbu z pada posisi punggung bawah (*lower spine*).

Gambar 6.18 Hasil *Output* Data Modul Sensor *Accelerometer* pada Kegiatan *Cutting*: (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z

Gerakan 1 :

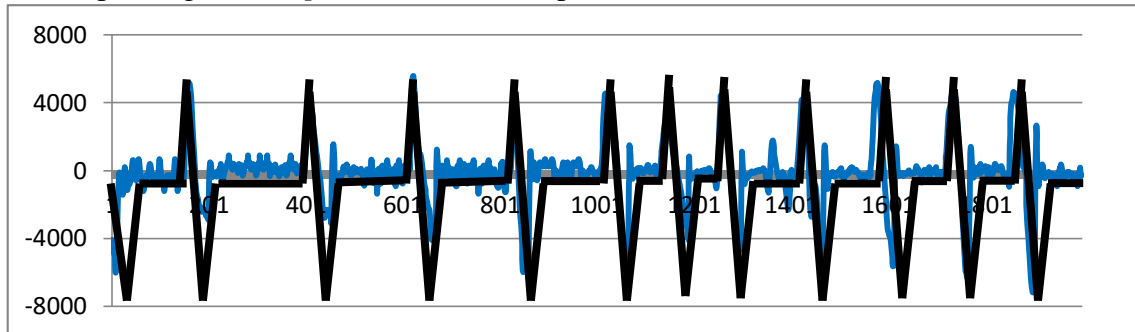


Gerakan 2 :

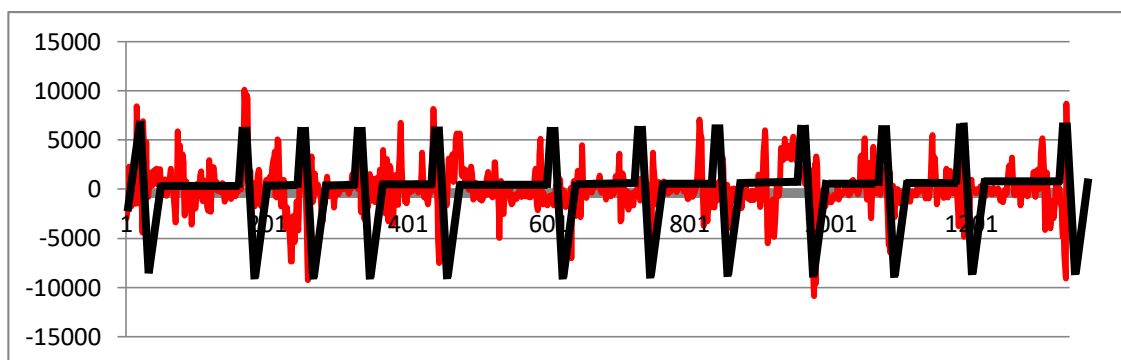


Gambar 6.19 Grafik Hasil *Output* Modul Sensor *Gyroscope* Kegiatan Kerja *Tag Weld* (Pengelasan Titik) Posisi Berdiri

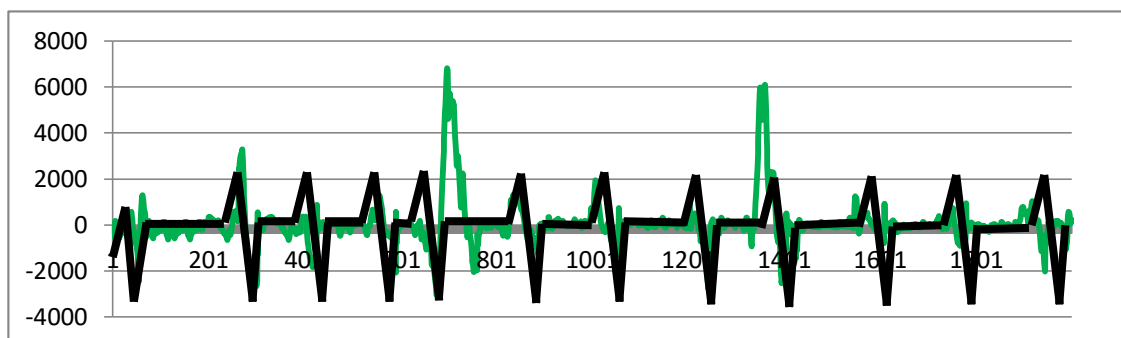
Gambar 6.19 merupakan hasil *output* data modul sensor *Gyroscope* pada percobaan kegiatan atau aktivitas kerja *tag weld* (pengelasan titik) dalam posisi berdiri. Modul sensor diletakan pada tangan yaitu posisi *Right Fore Arm* (tangan kanan bagian baawah). Gambar 6.20 merupakan grafik *output* data untuk setiap sumbu koordinat.



(a) *Output* data Modul *Gyroscope* pada sumbu x arah horizontal kanan dan kiri *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan pada sudut tertentu terhadap sumbu x pada posisi tangan kanan (*right fore arm*).



(b) *Output* data Modul *Gyroscope* pada sumbu y arah horizontal kanan dan kiri *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan pada sudut tertentu terhadap sumbu y pada posisi tangan kanan (*right fore arm*).



(c) *Output* data Modul *Gyroscope* pada sumbu z arah horizontal depan dan belakang *fitter*. Memberikan informasi perubahan percepatan pada sudut tertentu terhadap sumbu z pada posisi tangan kanan (*right fore arm*).

Gambar 6.20 Hasil *Output* Data Sensor *Gyroscope* pada Kegiatan *Tag Weld*: (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (c) sumbu z

Gambar 6.18 dan Gambar 6.20 merupakan grafik hasil data *output* dari masing-masing modul sensor yang diletakan pada bagian tubuh pekerja. Adapun nilai hasil *output* yang dihasilkan dari modul sensor yang digunakan terangkum dalam Tabel 6.10 (data selengkapnya terdapat pada lampiran C Tabel 1)

Tabel 6.10 Hasil *Output* Modul Sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* Kegiatan *Tag Weld*

| No. | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
|-----|---------------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| | Sumbu X | Sumbu Y | Sumbu Z | Sumbu X | Sumbu Y | Sumbu Z |
| 1 | 4524 | 13084 | 7164 | -4075 | -2959 | -491 |
| 2 | 4480 | 12992 | 7028 | -4157 | -2448 | -208 |
| 3 | 4476 | 12932 | 7428 | -4218 | -2070 | -247 |
| 4 | 4520 | 12900 | 7192 | -4443 | -1507 | 54 |
| 5 | 4524 | 13264 | 7328 | -4907 | 2308 | 25 |
| 6 | 4324 | 12884 | 7124 | -4806 | 1307 | 174 |
| 7 | 4256 | 12780 | 7032 | -4146 | -1442 | 83 |
| 8 | 4248 | 13120 | 7216 | -5726 | -1793 | -9 |
| 9 | 4244 | 13104 | 7088 | -6026 | -347 | -79 |
| 10 | 3984 | 13144 | 7056 | -5258 | 1703 | -188 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 1990 | 4448 | 12064 | 7368 | -279 | -442 | -774 |
| 1991 | 4324 | 12040 | 7364 | -919 | 1275 | -383 |
| 1992 | 4336 | 12188 | 7340 | -665 | 1858 | 79 |
| 1993 | 4364 | 12312 | 7548 | -298 | 1471 | 426 |
| 1994 | 4452 | 12912 | 7328 | -75 | 110 | 566 |
| 1995 | 4336 | 12880 | 7448 | -132 | -411 | 551 |
| 1996 | 4236 | 12676 | 7312 | -93 | 352 | 456 |
| 1997 | 3952 | 12832 | 7448 | 159 | 1354 | 237 |
| 1998 | 4160 | 12888 | 7280 | -339 | 1730 | 75 |
| 1999 | 4680 | 12856 | 7412 | -286 | 717 | 111 |
| 2000 | 5024 | 12796 | 7484 | -268 | -122 | 237 |
| \bar{x} | 3856 | 12520 | 7642 | -97 | 60 | 55 |
| min | -1884 | 10704 | 6524 | -7176 | -10906 | -3040 |
| max | 8740 | 16212 | 10132 | 5584 | 10117 | 6816 |

Pengambilan data dilakukan selama 60 detik dengan hasil data sebanyak 2000 data untuk setiap sumbu pada masing-masing sensor. *Delay* waktu yang ditentukan adalah 0.03 detik yang artinya sensor akan mengeluarkan data *output* setiap 0.03 detik untuk masing-masing sumbu pada setiap sensor. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil data yang akurat. Berikut merupakan rekapitulasi dari data yang didapatkan dari percobaan yang dilakukan pada 3 orang *fitter*.

Tabel 6.11 Rekapitulasi Hasil *Output* Modul Sensor *Gyroscope* Kegiatan *Tag Weld*

| Kegiatan | Gyroscope | | | | | |
|------------|-----------|------|---------|-------|---------|------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -7176 | 5584 | -10906 | 10117 | -3040 | 6816 |
| Pekerja 2 | -6960 | 5800 | -10650 | 10373 | -2825 | 7031 |
| Pekerja 3 | -6658 | 6102 | -10159 | 10864 | -2597 | 7259 |
| \ddot{x} | -6931 | 5829 | -10572 | 10451 | -2821 | 7035 |
| S | 260 | 260 | 380 | 380 | 222 | 222 |

Tabel 6.12 Rekapitulasi Hasil *Output* Modul Sensor *Accelerometer* Kegiatan *Tag Weld*

| Kegiatan | Accelerometer | | | | | |
|------------|---------------|------|---------|-------|---------|-------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -1884 | 8740 | 10704 | 16212 | 6524 | 10132 |
| Pekerja 2 | -1530 | 9094 | 11193 | 16701 | 6782 | 10390 |
| Pekerja 3 | -1016 | 9608 | 11972 | 17480 | 7578 | 11186 |
| \ddot{x} | -1477 | 9147 | 11290 | 16798 | 6961 | 10569 |
| S | 436 | 436 | 640 | 640 | 549 | 549 |

Nilai simpangan baku data pada Tabel 6.11 dan Tabel 6.12 relatif kecil. Hal ini menyatakan bahwa hasil data sampel yang dilakukan mewakili populasi yang ada. Artinya untuk kegiatan *marking* mempunyai nilai yang relatif sama sebagai data karakteristik. Didapatkan data-data nilai semesta untuk modul sensor yang pertama adalah *Gyroscope* X[-6931 5829], Y[-10572 10451], Z[-2821 7035]. Sedangkan untuk modul sensor yang kedua adalah *Accelerometer* X[-1477 9147], Y[11290 16798], Z[6961 10569].

6.1.3.2 Analisa Grafik

Pada Gambar 6.17 dan Gambar 6.19 menunjukkan karakteristik perubahan gerakan yang terjadi pada setiap modul sensor yang terpasang pada tubuh *fitter* ketika *fitter* tersebut melakukan kegiatan atau aktivitas pekerjaan pengelasan titik (*tag weld*) dengan posisi 2F dilakukan dengan berdiri. Terdapat 2 gerakan pada saat *fitter* melakukan kegiatan atau aktivitas tersebut. Gerakan pertama merupakan gerakan pada saat *fitter* bergeser ke arah sumbu X dengan melangkahakan kakinya satu langkah. Pada gerakan tersebut posisi *fitter* tetap pada posisi berdiri. Gerakan bergeser tersebut dilakukan secara berulang-ulang pada saat tangan *fitter* sudah tidak mampu menggapai jarak yang jauh. Gerakan kedua merupakan gerakan pada saat *fitter* melakukan ayunan pengelasan posisi 2F. Karakteristik dari kedua gerakan tersebut adalah sebagai berikut.

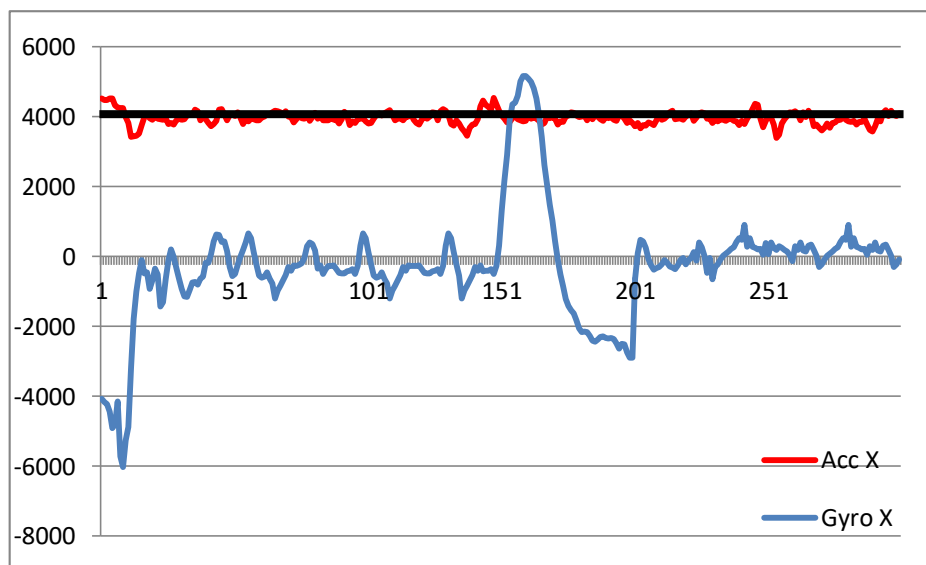
1. Karakteristik Gerakan 1

Gerakan pertama pada kegiatan *tag weld* (pengelasan titik) adalah pada saat *fitter* bergeser ke arah sumbu X dengan melangkahkan kakinya satu langkah. Pada gerakan tersebut posisi *fitter* tetap pada posisi berdiri. Gerakan bergeser tersebut dilakukan secara berulang-ulang pada saat tangan *fitter* sudah tidak mampu menggapai jarak yang jauh. Gambar 6.21 merupakan perubahan gerakan yang dialami oleh *fitter* pada saat melakukan gerakan yang pertama.

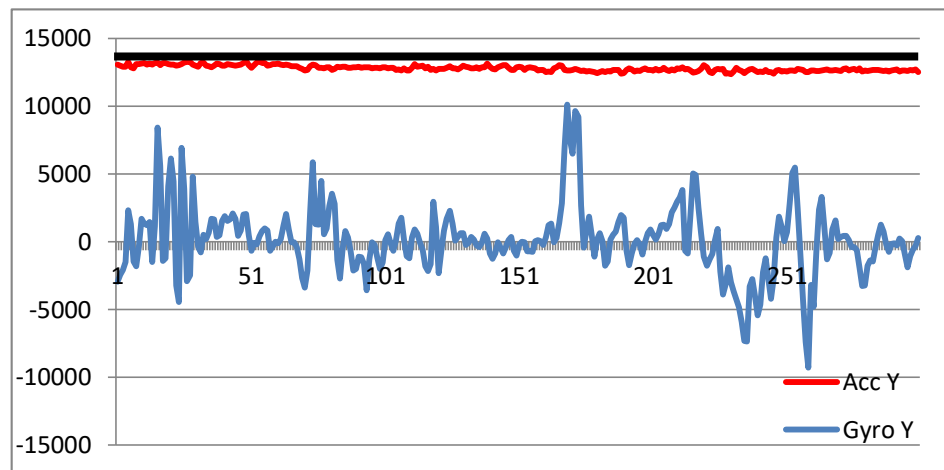


Gambar 6.21 Perubahan Gerakan pada Gerakan 1 Kegiatan *Tag Weld* (Pengelasan Titik)

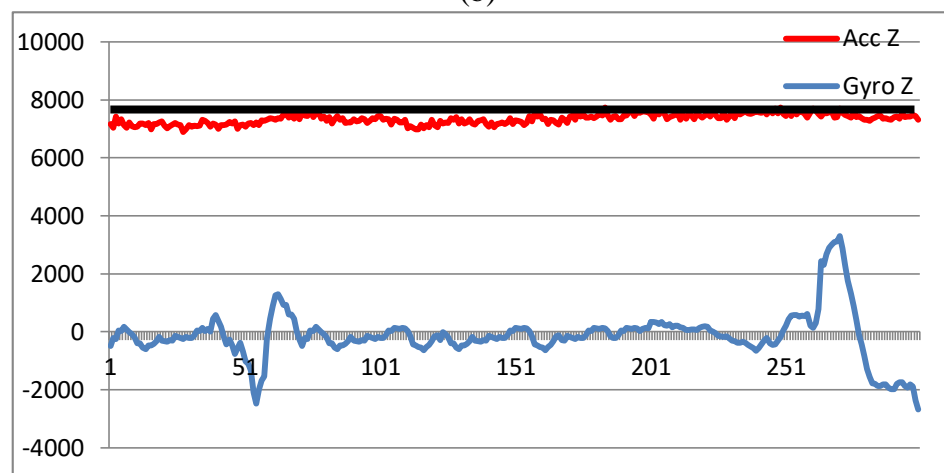
Hasil *output* data yang dikeluarkan oleh setiap modul sensor pada setiap sumbu koordinat dari gerakan pertama adalah sebagai berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6.22 Grafik Data Gerakan 1 Modul Sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* Kegiatan *Tag Weld*: (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z

Gambar 6.22 merupakan grafik data *accelerometer* dan *gyroscope* pada setiap sumbu koordinat hasil *logging* data dari Gambar 6.21. Garis merah pada Gambar 6.22 merupakan hasil data *logging* modul sensor *accelerometer*. Garis tersebut tidak mengalami perubahan data yang signifikan. Hal tersebut dikarenakan gerakan yang dilakukan untuk sensor *accelerometer* adalah tetap. Gerakan yang tetap akan membuat percepatan pada setiap sumbu koordinat tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini diwakili dengan Gambar 6.21, terlihat sensor *accelerometer* yang terletak pada punggung bawah (*lower spine*) pada pekerja tidak mengalami perubahan posisi. Garis biru pada Gambar 6.22 merupakan hasil *logging* data pada modul sensor *gyroscope*. Garis tersebut mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini diwakili dengan Gambar 6.21, terlihat sensor *gyroscope* yang terletak pada tangan kanan (*right fore arm*)

melakukan gerakan ayunan ke atas kemudian ke bawah untuk melakukan pengelasan titik (*tag weld*).

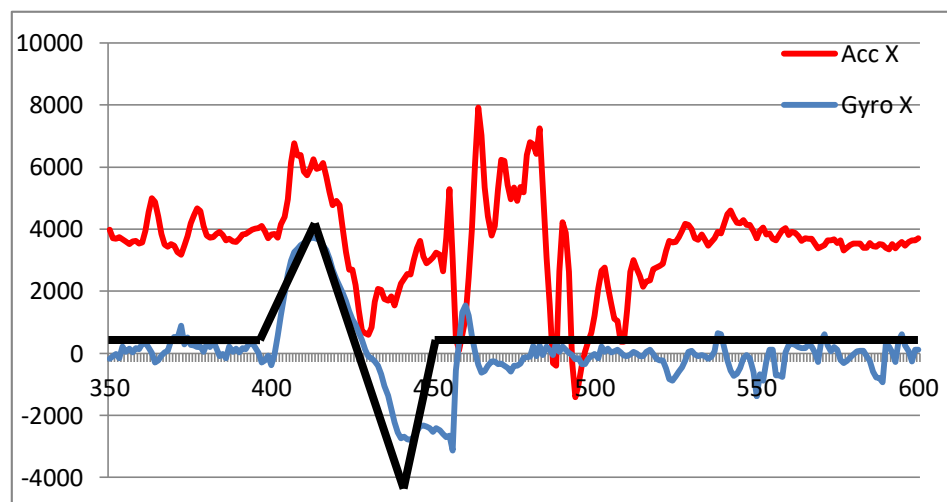
2. Karakteristik Gerakan 2

Gerakan kedua pada kegiatan *tag weld* (pengelasan titik) adalah pada saat *fitter* melakukan ayunan pengelasan posisi 2F. Sama halnya dengan gerakan bergeser, gerakan ayunan juga dilakukan secara berulang-ulang. Setelah melakukan gerakan ayunan maka selanjutnya *fitter* melakukan gerakan bergeser. Gambar 6.23 merupakan perubahan gerakan yang dialami oleh *fitter* pada saat melakukan gerakan yang kedua.

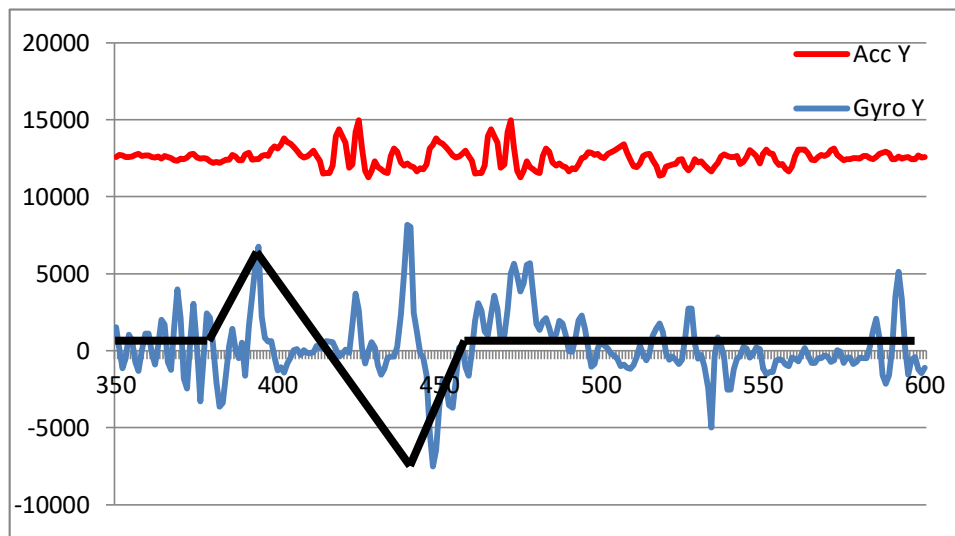


Gambar 6.23 Perubahan Gerakan pada Gerakan 2 Kegiatan *Tag Weld* (Pengelasan Titik)

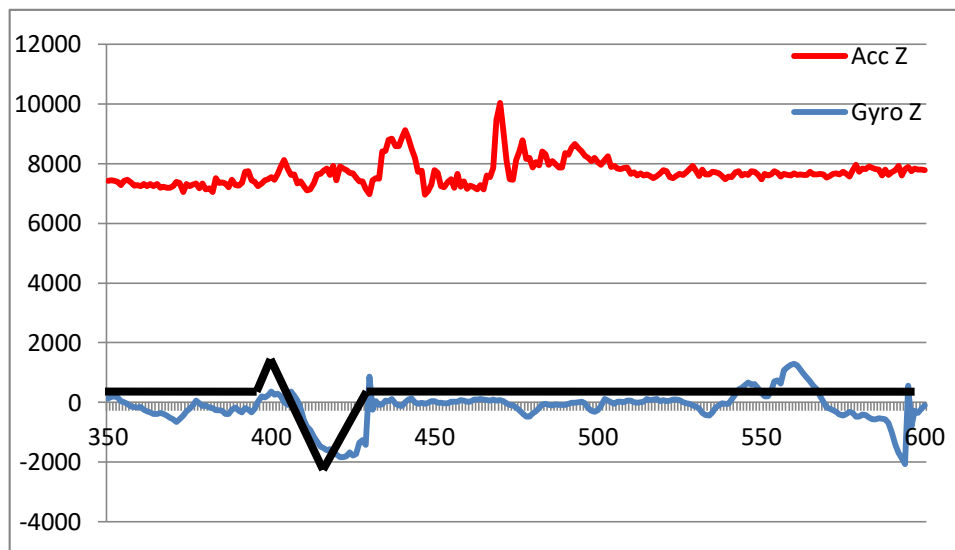
Hasil *output* data yang dikeluarkan oleh setiap modul sensor pada setiap sumbu koordinat dari gerakan kedua adalah sebagai berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6.24 Grafik Data Gerakan 2 Modul Sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* Kegiatan *Tag Weld*: (a) sumbu x, (b) sumbu y, dan (3) sumbu z

Gambar 6.24 merupakan data *accelerometer* dan *gyroscope* pada setiap sumbu koordinat hasil *logging* data dari Gerakan kedua. Gerakan ini merupakan gerak bergeser dengan posisi tetap berdiri. Garis merah pada Gambar 6.24 merupakan hasil data *logging* modul sensor *accelerometer*. Garis pada sumbu Y dan sumbu Z tidak mengalami perubahan yang signifikan. Pada sumbu Y tidak terjadi perubahan data yang signifikan karena posisi pekerja pada saat bergeser tidak mengalami perubahan ketinggian terhadap arah vertikal atas dan bawah. Sama halnya dengan sumbu Z tidak terjadi perubahan data yang signifikan karena pekerja bergeser ke arah sumbu X. Perubahan data ini terjadi karena pekerja melakukan perubahan gerakan yaitu bergeser ke arah sumbu X. Gerakan bergeser

tersebut mempengaruhi data pada sumbu X yaitu arah horizontal kanan dan kiri pekerja. Hal ini diwakili dengan Gambar 6.23, terlihat sensor *accelerometer* yang terletak pada pinggang bawah (*lower spine*) pada pekerja mengalami perubahan posisi sesuai gerakan pekerja. Garis biru pada Gambar 6.24 merupakan data *logging* modul sensor *gyroscope* pada saat melakukan gerakan kedua. Terjadi perubahan data yang signifikan pada setiap sumbu koordinat. Akan tetapi perubahan tersebut akan selalu pada *range* data yang sama ketika melakukan kegiatan atau aktivitas tersebut. Hal ini diwakili dengan Gambar 6.23, terlihat sensor *gyroscope* yang terletak pada pergelangan tangan kanan (*right fore arm*) mengalami perubahan sesuai gerakan kedua.

6.1.3.3 Hasil Akhir

Pada percobaan yang telah dilakukan pada kegiatan atau aktivitas kerja pengelasan titik (*tag weld*) dengan posisi 2F dilakukan dengan berdiri menghasilkan suatu *range* atau semesta data pada kegiatan atau aktivitas tersebut. *Range* atau semesta data inilah yang akan digunakan sebagai *data character* (karakteristik data) dari kegiatan atau aktivitas kerja tersebut. Berikut merupakan *data character* (karakteristik data) dari kegiatan atau aktivitas kerja *cutting* (pemotongan) lurus dengan menggunakan mesin skator posisi berjongkok.

Tabel 6.13 Karakteristik Data *Tag Weld* (Pengelasan Titik) Posisi Berdiri

| Data Karakteristik (<i>Character Data</i>) | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
|---|----------------------|-------|-------|------------------|--------|-------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| Data Minimum (<i>min</i>) | -1884 | 10704 | 6524 | -7176 | -10906 | -3040 |
| Data Maksimum (<i>max</i>) | 8740 | 16212 | 10132 | 5584 | 10117 | 6816 |
| Data Rata-rata (<i>mean</i>) | 3856 | 12520 | 7642 | -97 | 60 | 55 |

Dari data pada Tabel 6.13 digunakan untuk menentukan apakah *fitter* tersebut melakukan pekerjaan *marking* atau tidak. *Range* atau semesta data inilah yang akan digunakan sebagai *data character* (karakteristik data) dari kegiatan atau aktivitas kerja tersebut. *Range* data yang dimaksud adalah nilai antara data maksimum dan data minimum pada setiap sumbu yaitu sumbu x, sumbu y, dan sumbu z pada setiap modul sensor yang digunakan.

6.1.4 Rekapitulasi Hasil Percobaan

Pada kegiatan atau aktivitas yang dilakukan oleh *fitter* didapatkan hasil nilai semesta data dari setiap sumbu modul sensor yang digunakan. Berikut merupakan rekapitulasi nilai semesta data dari setiap kegiatan yang dilakukan.

Tabel 6.14 Karakteristik Data Pada Setiap Kegiatan Hasil Percobaan

| Kegiatan Kerja | Data Karakteristik (Character Data) | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
|--|--|---------------|-------|-------|-----------|--------|--------|
| | | X | Y | Z | X | Y | Z |
| Marking Belok Posisi Berjongkok | Data Minimum | -2320 | 6946 | -4588 | -13440 | -22637 | -15108 |
| | Data Maksimum | 10932 | 21346 | 10244 | 14219 | 19404 | 25466 |
| | Data Rata-rata | 3891 | 15750 | 2351 | -574 | 407 | 398 |
| Cutting Lurus Menggunakan Skator Posisi Berjongkok | Data Minimum | -9452 | 2048 | -7856 | -834 | -1038 | -264 |
| | Data Maksimum | 10724 | 22984 | 4668 | 584 | 1481 | 884 |
| | Data Rata-rata | 1320 | 15368 | -3226 | -117 | -19 | 253 |
| Tag Weld Posisi Berdiri | Data Minimum | -1884 | 10704 | 6524 | -7176 | -10906 | -3040 |
| | Data Maksimum | 8740 | 16212 | 10132 | 5584 | 10117 | 6816 |
| | Data Rata-rata | 3856 | 12520 | 7642 | -97 | 60 | 55 |

Pada Tabel 6.14 merupakan karakteristik data dari setiap kegiatan hasil dari percobaan yang dilakukan. Data-data tersebut nantinya akan digunakan sebagai faktor penentu apakah seorang *fitter* sedang melakukan pekerjaannya atau tidak. Dengan demikian maka dapat dilakukan pengawasan atau *monitoring* terhadap *fitter* yang sedang melakukan pekerjaannya. Modul sensor 1 merupakan modul sensor *Gyroscope* yang diletakan pada bagian tubuh tangan kanan bawah (*right fore arm*) yang menghasilkan *output* data pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Sedangkan modul sensor 2 merupakan modul sensor *Accelerometer* yang diletakan pada bagian tubuh punggung bawah (*lower spine*) yang menghasilkan *output* data pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z.

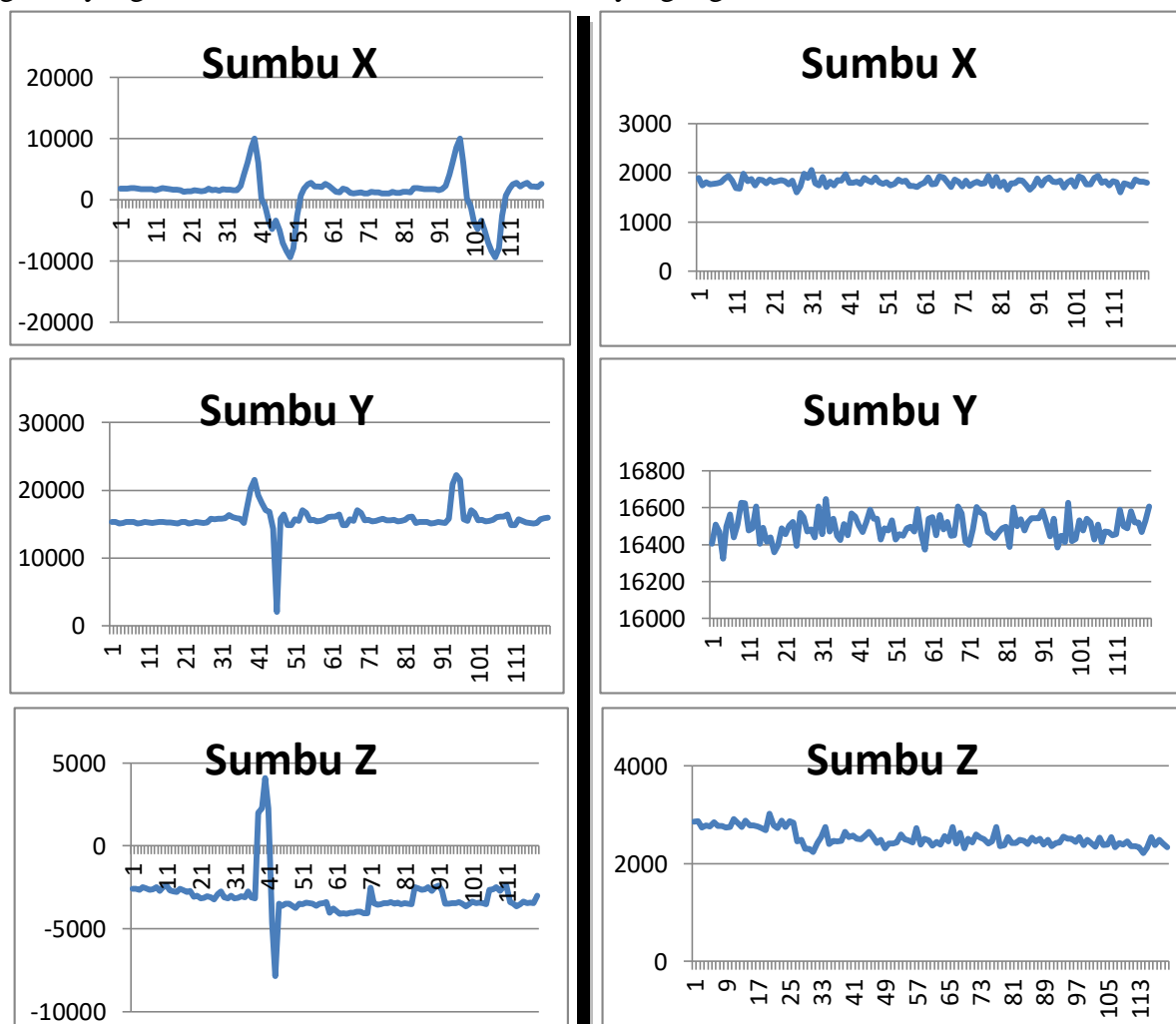
6.2 Simulasi Alat

Simulasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan sistem yang dirancang. Pengujian alat dilakukan dengan cara membandingkan antara data simulasi benar dari kegiatan atau aktivitas kerja yang telah ditentukan sebelumnya dengan data hasil *output* dari simulasi baik itu simulasi benar maupun simulasi salah. Kemudian mencari nilai *error* dengan cara mengurangi antara data pada simulasi benar yang bisa dianggap sebagai data karakter dari suatu kegiatan atau aktivitas kerja dengan data baik itu *output* data simulasi benar maupun *output* data simulasi salah. Melakukan analisa perbandingan nilai MSE (*Mean Squared Error*) antara data simulasi benar dengan simulasi benar dan simulasi benar dengan simulasi salah akan untuk menentukan apakah *hardware* dan sistem aplikasi dapat digunakan untuk melakukan justifikasi kepada *fitter* yang bekerja. Untuk mencari nilai MSE (*Mean*

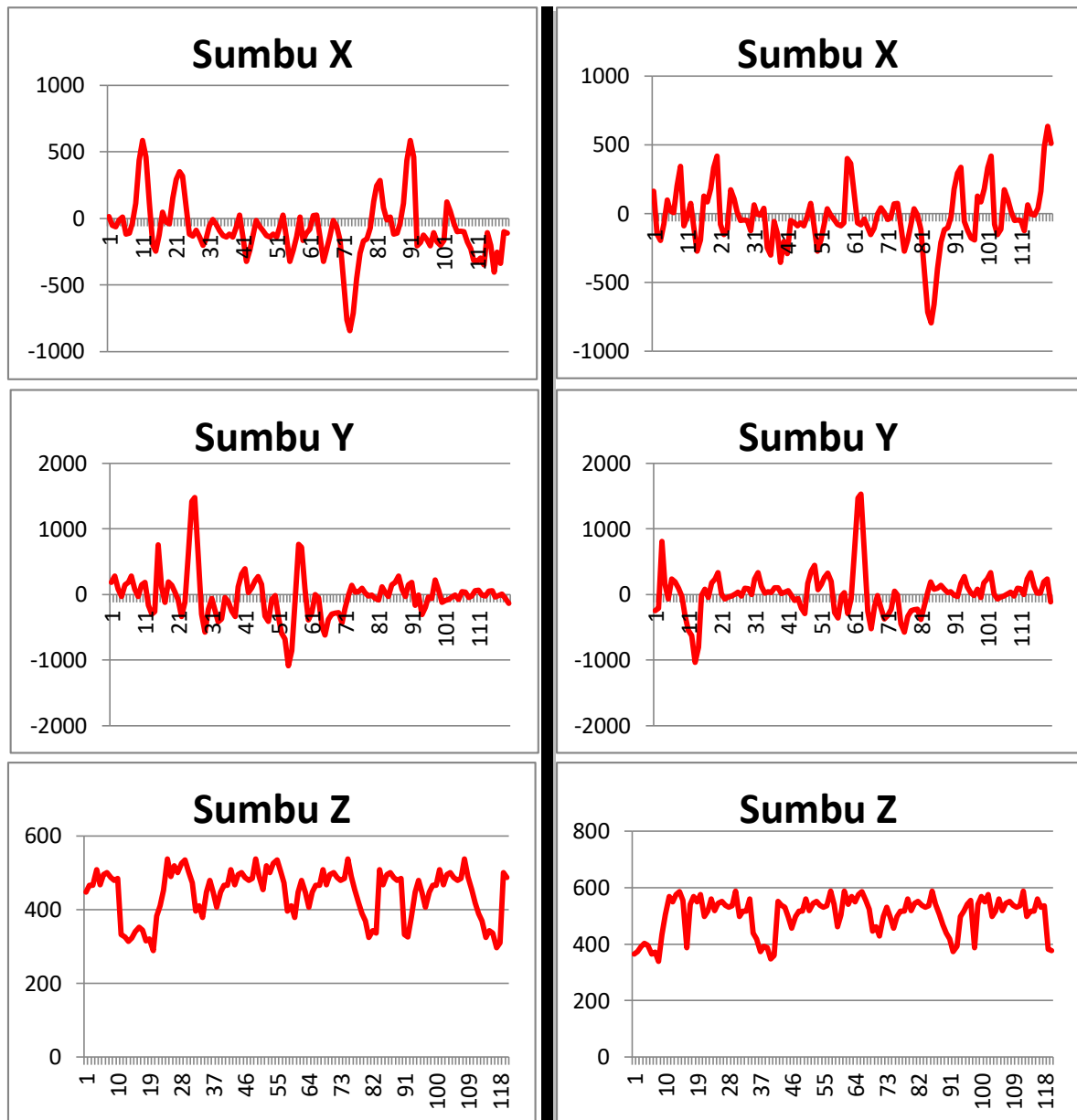
Squared Error) dilakukan dengan menjumlah nilai *error* untuk kemudian dibagi dengan jumlah data dari data simulasi.

6.2.1 Cutting (Pemotongan)

Simulasi yang pertama dilakukan adalah gerakan kegiatan *cutting* (pemotongan) lurus dengan menggunakan skator posisi berjongkok. Gerakan ini akan dibandingkan dengan simulasi gerakan kegiatan tangan yang melakukan *cutting* lurus akan tetapi tetap pada posisi yang sama. Artinya pekerja hanya berpura-pura untuk melakukan *cutting* akan tetapi pekerja tersebut tetap di posisi yang sama tanpa ada perpindahan. Hal tersebut akan di-*recognize* (dikenali) sebagai tidak melakukan kegiatan kerja oleh alat dan sistem aplikasi yang telah dibuat. Penentuan tersebut berdasarkan nilai MSE (*Mean Squared Error*) yang dihasilkan dari simulasi yang dilakukan. Gambar 6.25 dan Gambar 6.26 merupakan perbedaan *patern* (pola) grafik yang dihasilkan dari kedua modul sensor yang digunakan.



Gambar 6.25 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Simulasi Salah Kegiatan *Cutting* pada Modul Sensor *Accelerrometer*
(grafik kanan merupakan hasil simulasi benar, grafik kiri merupakan simulasi salah)



Gambar 6.26 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Sumulasi Salah Kegiatan *Cutting* pada Modul Sensor *Gyroscope*
(grafik kanan merupakan hasil simulasi benar, grafik kiri merupakan simulasi salah)

Melalui perhitungan tersebut maka akan diketahui nilai MSE dari data masing-masing hasil simulasi yang dilakukan. Tabel 6.15 dan Tabel 6.16 merupakan perbandingan antara hasil perhitungan dari nilai MSE kegiatan *cutting* (pemotongan) lurus dengan menggunakan mesin skator dengan kegiatan berpura-pura melakukan kegiatan *cutting* untuk modul sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Perhitungan selengkapnya terdapat di Lampiran G Perhitungan MSE.

Tabel 6.15 Perbandingan Nilai MSE (*Mean Squared Error*) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah *Cutting* (Pemotongan) Sensor *Accelerometer* (tabel kanan hasil simulasi benar dan tabel kiri hasil simulasi salah)

| | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Accelerometer</i> | | |
|------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 1.847 | 2.846 | 1.766 | 12.426 | 13.858 | 12.881 |
| RSME | 1.359 | 1.687 | 1.329 | 3.525 | 3.723 | 3.589 |
| MAD | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 0.036 | 1.064 | 5.442 |
| MAPE | 24.784 | 35.983 | 22.160 | 51.057 | 64.956 | 55.368 |

Tabel 6.16 Perbandingan Nilai MSE (*Mean Squared Error*) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah *Cutting* (Pemotongan) Sensor *Gyroscope* (tabel kanan hasil simulasi benar dan tabel kiri hasil simulasi salah)

| | <i>Gyroscope</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
|------|------------------|--------|-------|------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 0.100 | 0.228 | 0.013 | 1.300 | 1.528 | 1.013 |
| RSME | 0.316 | 0.477 | 0.115 | 1.140 | 1.236 | 1.007 |
| MAD | 0.150 | 0.434 | 0.084 | 0.150 | 0.434 | 0.084 |
| MAPE | 10.403 | 15.340 | 5.033 | 20.723 | 25.580 | 18.332 |

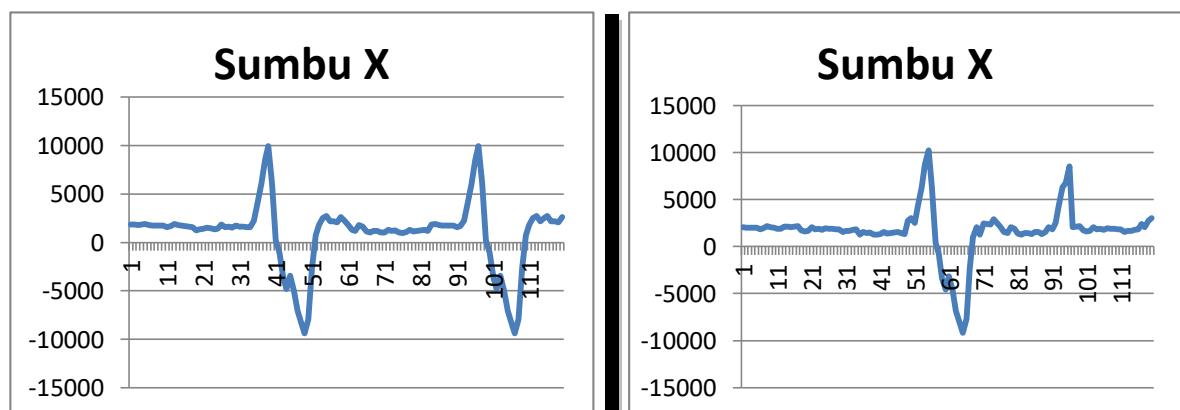
Dari Tabel 6.15 dan Tabel 6.15 dapat diketahui nilai dari MSE untuk setiap sumbu pada modul sensor yang digunakan. Selain itu juga dapat diketahui perbandingan antara nilai MSE dan MAD. Semakin kecil nilai MSE dan MAD maka tingkat keakuratan sistem aplikasi dalam membaca gerakan semakin akurat. Pada modul *gyroscope*, sumbu z merupakan nilai MSE yang terkecil. Hal ini menjelaskan bahwa tidak terjadi perubahan yang signifikan dari data hasil *output* sumbu z. Selanjutnya nilai MSE yang terbesar terjadi pada sumbu y yang berarti bahwa terjadi perubahan yang signifikan dari data *output* modul sensor ini. Dari data hasil *output* dan nilai MSE yang didapatkan dapat diambil kesimpulan bahwa pada bagian tubuh tangan kanan (*right fore arm*) tempat peletakan modul sensor *gyroscope*, sumbu yang paling dominan untuk bergerak adalah sumbu y. Artinya pada sumbu tersebut selalu terjadi perubahan gerakan yang signifikan sehingga nilai dari perhitungan MSE tersebut bernilai paling besar dibandingkan dengan sumbu yang lain.

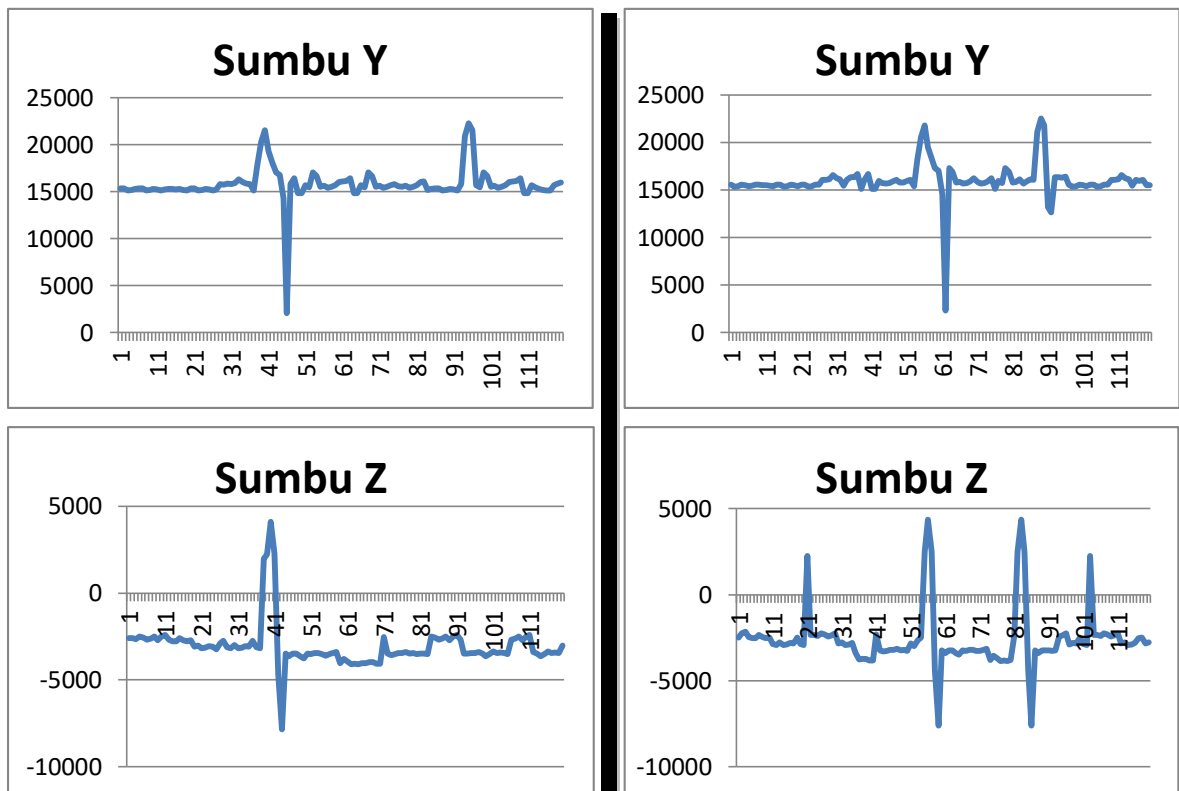
Selanjutnya untuk modul sensor *accelerometer* sumbu yang dominan bergerak adalah sumbu y karena mempunyai nilai MSE yang paling besar di antara sumbu yang lainnya. Sedangkan sumbu yang relatif tidak mengalami perubahan adalah sumbu z dengan nilai MSE yang terkecil.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem aplikasi dan *hardware* yang digunakan mampu untuk melakukan *monitoring* terhadap *fitter* yang sedang melakukan kegiatan atau aktivitas kerja *cutting* (pemotongan). Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan nilai MSE antara simulasi benar dan simulasi salah dengan menghasilkan nilai MSE yang relatif kecil untuk data simulasi benar dan nilai MSE yang besar untuk simulasi yang salah. Selain itu juga didapatkan sumbu yang dominan bergerak pada setiap modul sensor yang digunakan yaitu sumbu y pada modul sensor *gyroscope* dan sumbu x pada modul sensor *accelerometer* yang dibuktikan dengan nilai MSE yang paling besar diantara nilai pada sumbu yang lainnya. Selanjtnya dapat diketahui *patern* (pola gerak) dari kegiatan atau aktivitas kerja yang dibuktikan dengan kemiripan grafik antara grafik simulasi benar yang telah dilakukan. Grafik tersebut sangat berbeda dengan simulasi salah yang dilakukan. Untuk perhitungan nilai MSE kegiatan atau aktivitas kerja yang lainnya terdapat pada Lampiran G.

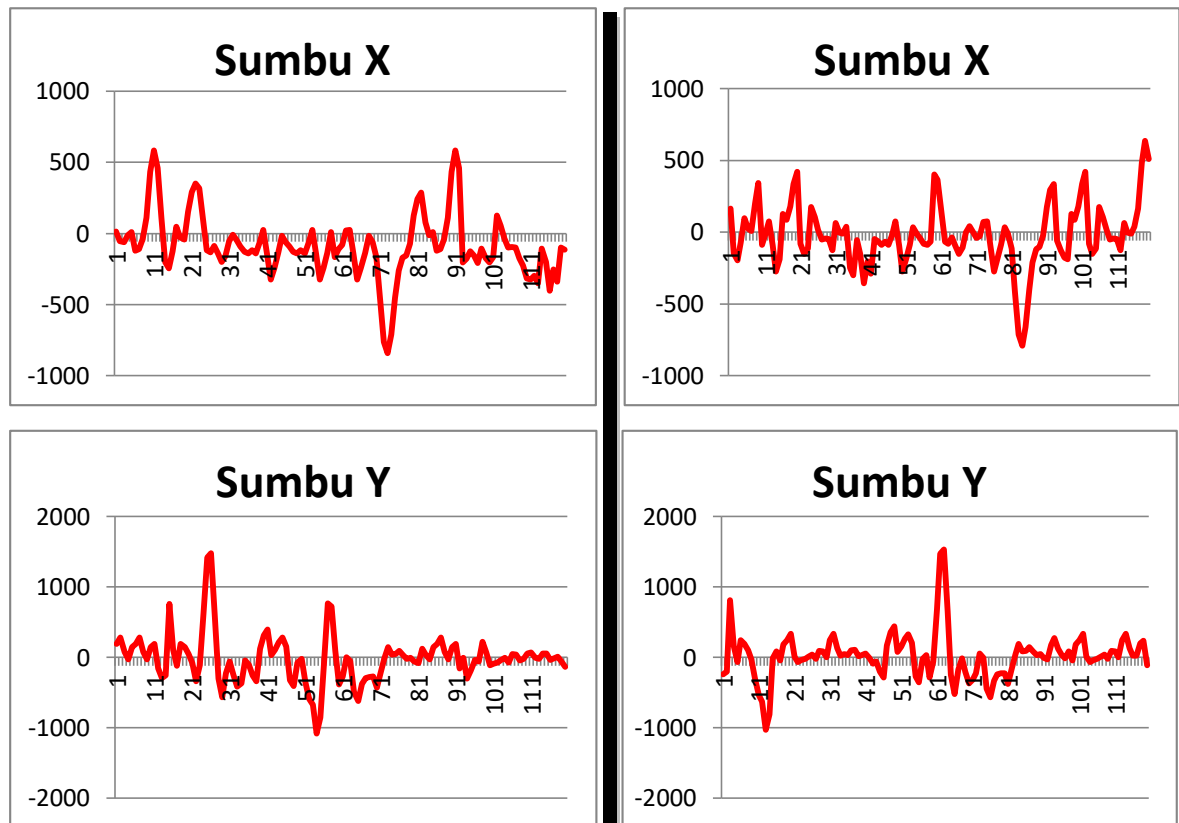
6.2.2 Tag Weld (Pengelasan Titik)

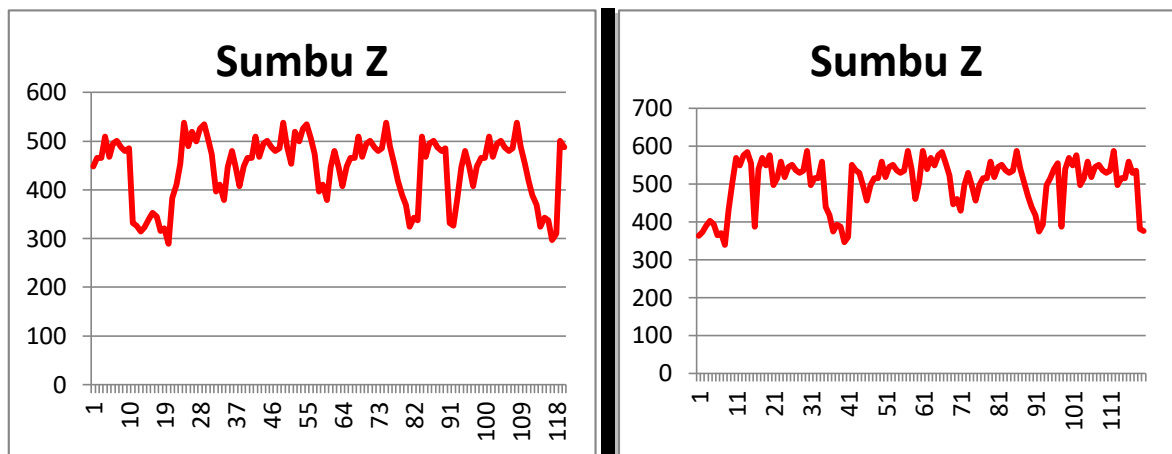
Simulasi yang pertama dilakukan adalah gerakan kegiatan *tag weld* (pengelasan titik) posisi berdiri. Gerakan ini akan dibandingkan dengan simulasi gerakan kegiatan tangan yang melakukan *tag weld* (pengelasan titik) berdiri akan tetapi tetap pada posisi yang sama. Artinya pekerja hanya berpura-pura untuk melakukan *tag weld* akan tetapi pekerja tersebut tetap di posisi yang sama tanpa ada perpindahan. Hal tersebut akan di-*recognize* (dikenali) sebagai tidak melakukan kegiatan kerja oleh alat dan sistem aplikasi yang telah dibuat. Penentuan tersebut berdasarkan nilai MSE (*Mean Squared Error*) yang dihasilkan dari simulasi yang dilakukan. Gambar 6.27 dan Gambar 6.28 merupakan perbedaan *patern* (pola) grafik yang dihasilkan dari kedua modul sensor yang digunakan.





Gambar 6.27 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Sumulasi Salah Kegiatan *Tag Weld* pada Modul Sensor *Accelerrometer*
(grafik kanan merupakan hasil simulasi benar, grafik kiri merupakan hasil simulasi salah)





Gambar 6.28 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Simulasi Salah Kegiatan *Tag Weld* pada Modul Sensor *Gyroscope*
(grafik kanan merupakan hasil simulasi benar, grafik kiri merupakan hasil simulasi salah)

Melalui perhitungan tersebut maka akan diketahui nilai MSE dari data masing-masing hasil simulasi yang dilakukan. Tabel 6.17 dan Tabel 6.18 merupakan perbandingan antara hasil perhitungan dari nilai MSE kegiatan *tag weld* (pengelasan titik) dengan kegiatan berpura-pura melakukan kegiatan *tag weld* untuk modul sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Perhitungan selengkapnya terdapat di Lampiran G Perhitungan MSE.

Tabel 6.17 Perbandingan Nilai MSE (*Mean Squared Error*) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah Kegiatan *Tag Weld* (Pengelasan Titik) Sensor *Accelerometer*
(tabel kanan hasil simulasi benar dan tabel kiri hasil simulasi salah)

| | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Accelerometer</i> | | |
|------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 17.847 | 6.846 | 4.766 | 43.856 | 42.744 | 50.900 |
| RSME | 4.225 | 2.616 | 2.183 | 6.622 | 6.538 | 7.134 |
| MAD | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 41.436 | 41.104 | 40.764 |
| MAPE | 24.784 | 15.983 | 20.160 | 71.767 | 68.649 | 76.065 |

Tabel 6.18 Perbandingan Nilai MSE (*Mean Squared Error*) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah Kegiatan *Tag Weld* (Pengelasan Titik) Sensor *Gyroscope*
(tabel kanan hasil simulasi benar dan tabel kiri hasil simulasi salah)

| | <i>Gyroscope</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
|------|------------------|--------|-------|------------------|--------|-------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 0.100 | 0.228 | 0.013 | 12.900 | 34.123 | 0.837 |
| RSME | 0.316 | 0.477 | 0.115 | 3.592 | 5.841 | 0.915 |
| MAD | 0.150 | 0.434 | 0.084 | 4.223 | 8.612 | 0.264 |
| MAPE | 15.403 | 20.340 | 5.033 | 13.997 | 32.557 | 4.802 |

Dari Tabel 6.17 dan Tabel 6.18 dapat diketahui nilai dari MSE untuk setiap sumbu pada modul sensor yang digunakan. Selain itu juga dapat diketahui perbandingan antara nilai MSE dan MAD. Semakin kecil nilai MSE dan MAD maka tingkat keakuratan sistem aplikasi dalam membaca gerakan semakin akurat. Pada modul *gyroscope*, sumbu z merupakan nilai MSE yang terkecil. Hal ini menjelaskan bahwa tidak terjadi perubahan yang signifikan dari data hasil *output* sumbu z. Selanjutnya nilai MSE yang terbesar terjadi pada sumbu y yang berarti bahwa terjadi perubahan yang signifikan dari data *output* modul sensor ini. Dari data hasil *output* dan nilai MSE yang didapatkan dapat diambil kesimpulan bahwa pada bagian tubuh tangan kanan (*right fore arm*) tempat peletakan modul sensor *gyroscope*, sumbu yang paling dominan untuk bergerak adalah sumbu y. Artinya pada sumbu tersebut selalu terjadi perubahan gerakan yang signifikan sehingga nilai dari perhitungan MSE tersebut bernilai paling besar dibandingkan dengan sumbu yang lain.

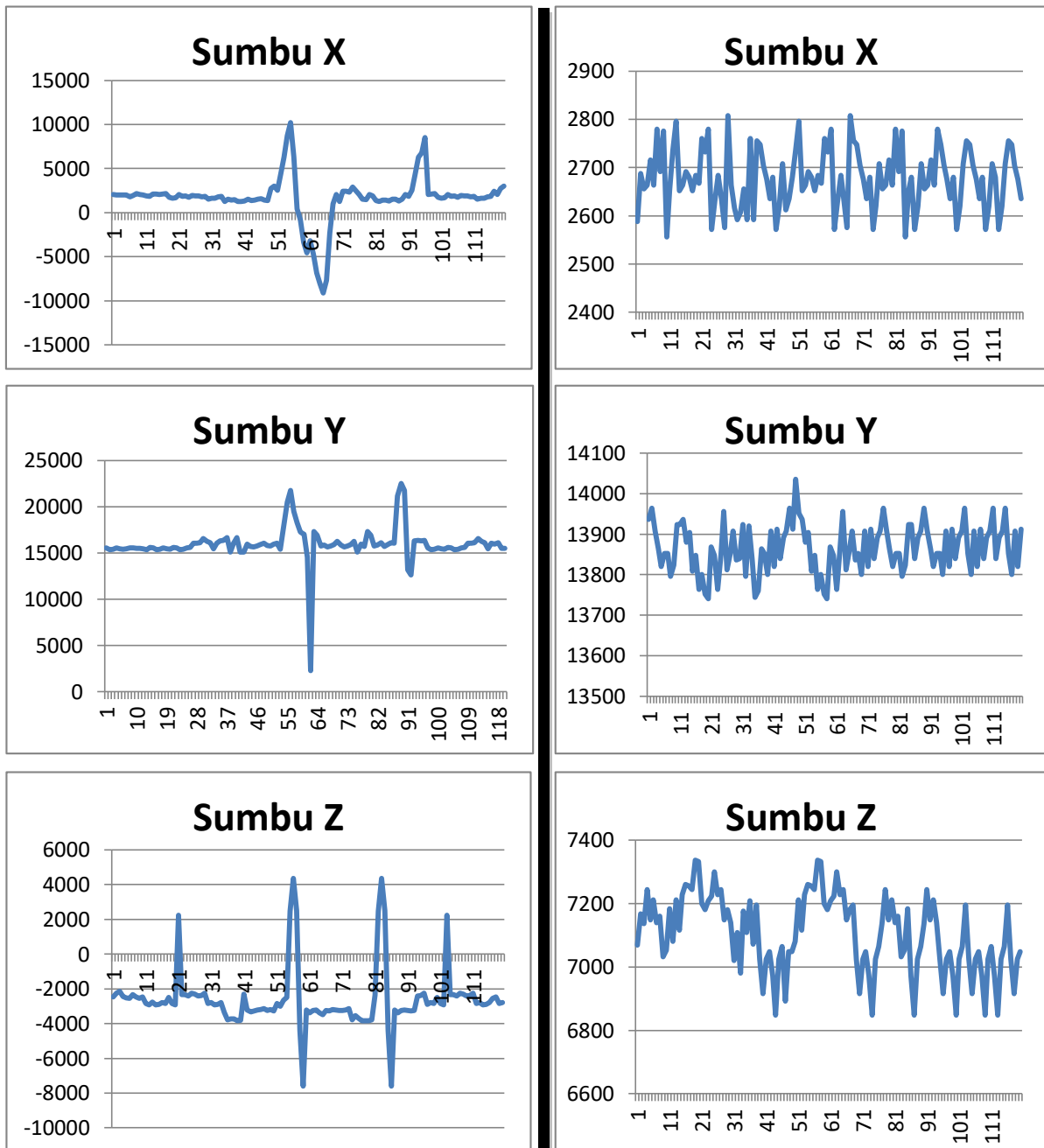
Selanjutnya untuk modul sensor *accelerometer* sumbu yang dominan bergerak adalah sumbu x karena mempunyai nilai MSE yang paling besar diantara sumbu yang lainnya. Sedangkan sumbu yang relatif tidak mengalami perubahan adalah sumbu z dengan nilai MSE yang terkecil.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem aplikasi dan *hardware* yang digunakan mampu untuk melakukan *monitoring* terhadap *fitter* yang sedang melakukan kegiatan atau aktivitas kerja *tag weld* (pengelasan titik). Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan nilai MSE antara simulasi benar dengan data simulasi yang salah menghasilkan nilai MSE yang berbeda. Selain itu juga didapatkan sumbu yang dominan bergerak pada setiap modul sensor yang digunakan yaitu sumbu y pada modul sensor *gyroscope* dan sumbu x pada modul sensor *accelerometer* yang dibuktikan dengan nilai MSE yang paling besar di antara nilai pada sumbu yang lainnya. Selanjutnya dapat diketahui *patern* (pola gerak) dari kegiatan atau aktivitas kerja yang dibuktikan dengan kemiripan grafik antara grafik simulasi benar yang telah dilakukan. Grafik tersebut sangat berbeda dengan simulasi salah yang dilakukan. Untuk perhitungan nilai MSE kegiatan atau aktivitas kerja yang lainnya terdapat pada Lampiran G.

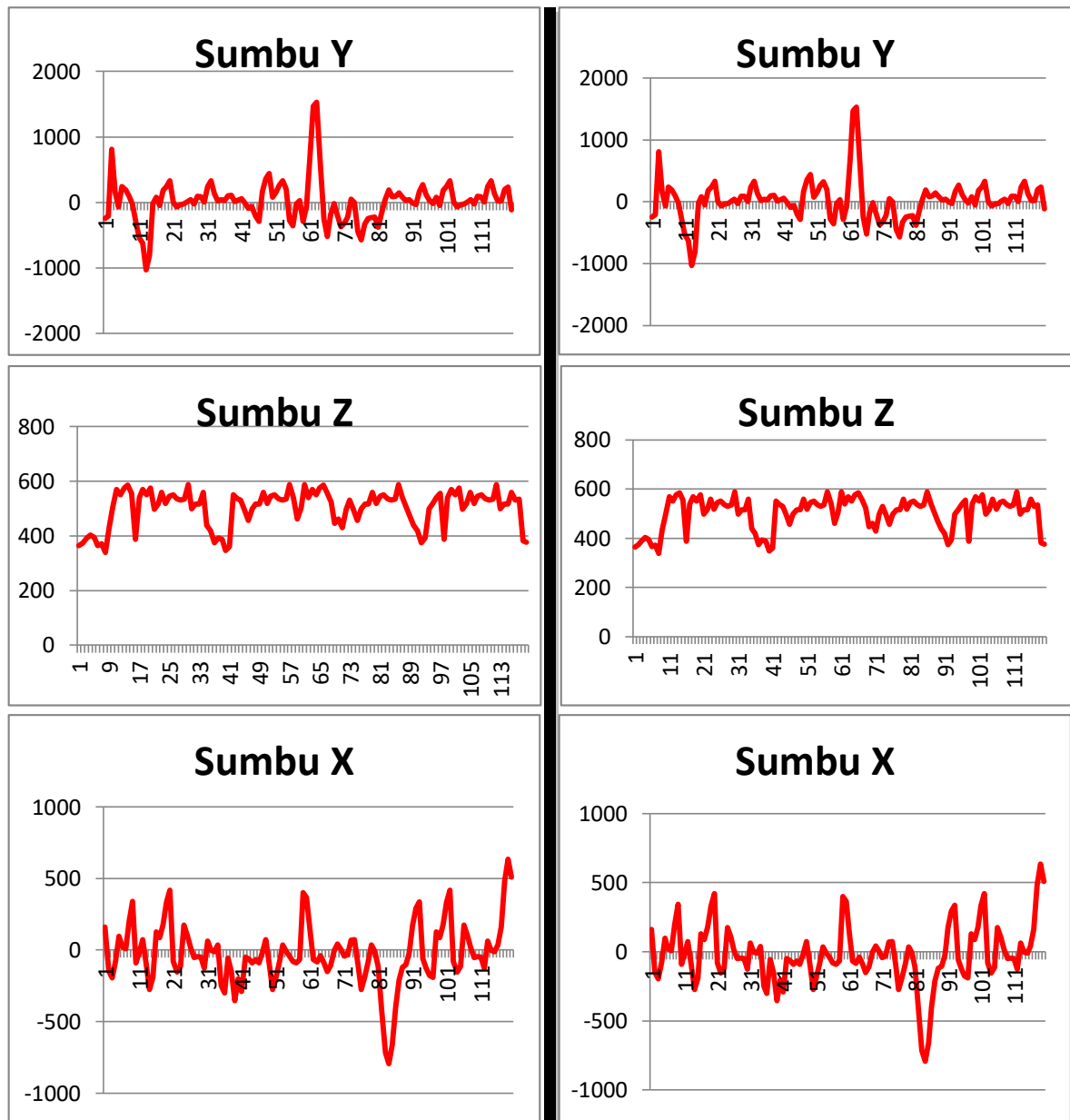
6.2.3 *Marking* (Penandaan)

Simulasi yang pertama dilakukan adalah gerakan kegiatan *marking* (penandaan) belok posisi berjongkok. Gerakan ini akan dibandingkan dengan simulasi gerakan kegiatan tangan yang melakukan *marking* (penandaan) belok akan tetapi tetap pada posisi yang sama. Artinya

pekerja hanya berpura-pura untuk melakukan *marking* akan tetapi pekerja tersebut tetap di posisi yang sama tanpa ada perpindahan. Hal tersebut akan di-*recognize* (dikenali) sebagai tidak melakukan kegiatan kerja oleh alat dan sistem aplikasi yang telah dibuat. Penentuan tersebut berdasarkan nilai MSE (*Mean Squared Error*) yang dihasilkan dari simulasi yang dilakukan. Gambar 6.29 dan Gambar 6.30 merupakan perbedaan *patern* (pola) grafik yang dihasilkan dari kedua modul sensor yang digunakan.



Gambar 6.29 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Sumulasi Salah Kegiatan *Marking* pada Modul Sensor *Accellerrometer*
(grafik kanan merupakan hasil simulasi benar, grafik kiri merupakan hasil simulasi salah)



Gambar 6.30 Perbandingan Grafik Simulasi Benar dengan Hasil Simulasi Salah Kegiatan *Marking* pada Modul Sensor *Gyroscope*

(grafik kanan merupakan hasil simulasi benar, grafik kiri merupakan hasil simulasi salah)

Melalui perhitungan tersebut maka akan diketahui nilai MSE dari data masing-masing hasil simulasi yang dilakukan. Tabel 6.19 dan Tabel 6.20 merupakan perbandingan antara hasil perhitungan dari nilai MSE kegiatan *marking* (penandaan) dengan kegiatan berpura-pura melakukan kegiatan *marking* untuk modul sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Perhitungan selengkapnya terdapat di Lampiran G Perhitungan MSE.

Tabel 6.19 Perbandingan Nilai MSE (*Mean Squared Error*) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah Kegiatan *Marking* (Penandaan) Sensor *Accelerometer* (tabel kanan hasil simulasi benar dan tabel kiri hasil simulasi salah)

| | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Accelerometer</i> | | |
|------|----------------------|-------|-------|----------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 2.336 | 2.495 | 1.313 | 13.885 | 8.115 | 10.418 |
| RSME | 1.528 | 1.580 | 1.146 | 3.726 | 2.849 | 3.228 |
| MAD | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 0.732 | 1.404 | 9.652 |
| MAPE | 5.478 | 5.983 | 3.016 | 26.767 | 13.865 | 21.065 |

Tabel 6.20 Perbandingan Nilai MSE (*Mean Squared Error*) Simulasi Benar dengan Simulasi Salah Kegiatan *Marking* (Penandaan) Sensor *Gyroscope* (tabel kanan hasil simulasi benar dan tabel kiri hasil simulasi salah)

| | <i>Gyroscope</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
|------|------------------|-------|-------|------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 0.064 | 0.111 | 0.137 | 3.184 | 3.891 | 3.477 |
| RSME | 0.253 | 0.333 | 0.370 | 1.784 | 1.973 | 1.865 |
| MAD | 0.338 | 0.232 | 0.204 | 2.338 | 2.352 | 2.382 |
| MAPE | 1.540 | 2.034 | 5.033 | 11.540 | 12.034 | 15.033 |

Dari Tabel 6.19 dan Tabel 6.20 dapat diketahui nilai dari MSE untuk setiap sumbu pada modul sensor yang digunakan. Selain itu juga dapat diketahui perbandingan antara nilai MSE dan MAD. Semakin kecil nilai MSE dan MAD maka tingkat keakuratan sistem aplikasi dalam membaca gerakan semakin akurat. Pada modul *gyroscope*, sumbu x merupakan nilai MSE yang terkecil. Hal ini menjelaskan bahwa tidak terjadi perubahan yang signifikan dari data hasil *output* sumbu x. Selanjutnya nilai MSE yang terbesar terjadi pada sumbu z yang berarti bahwa terjadi perubahan yang signifikan dari data *output* modul sensor ini. Dari data hasil *output* dan nilai MSE yang didapatkan dapat diambil kesimpulan bahwa pada bagian tubuh tangan kanan (*right fore arm*) tempat peletakan modul sensor *gyroscope*, sumbu yang paling dominan untuk bergerak adalah sumbu z. Artinya pada sumbu tersebut selalu terjadi perubahan gerakan yang signifikan sehingga nilai dari perhitungan MSE tersebut bernilai paling besar dibandingkan dengan sumbu yang lain.

Selanjutnya untuk modul sensor *accelerometer* sumbu yang dominan bergerak adalah sumbu y karena mempunyai nilai MSE yang paling besar diantara sumbu yang lainnya. Sedangkan sumbu yang relatif tidak mengalami perubahan adalah sumbu x dengan nilai MSE yang terkecil. Pada Tabel 6.19 dan Tabel 6.20 merupakan perbandingan grafik antara *database* dengan data hasil simulasi.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem aplikasi dan *hardware* yang digunakan mampu untuk melakukan *monitoring* terhadap *fitter* yang sedang melakukan kegiatan atau aktivitas kerja *marking* (penandaan). Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan nilai MSE antara simulasi benar dengan data simulasi yang salah menghasilkan nilai MSE yang berbeda. Selain itu juga didapatkan sumbu yang dominan bergerak pada setiap modul sensor yang digunakan yaitu sumbu z pada modul sensor *gyroscope* dan sumbu y pada modul sensor *accelerometer* yang dibuktikan dengan nilai MSE yang paling besar diantara nilai pada sumbu yang lainnya. Selanjtnya dapat diketahui *patern* (pola gerak) dari kegiatan atau aktivitas kerja yang dibuktikan dengan kemiripan grafik antara grafik simulasi benar yang telah dilakukan. Grafik tersebut sangat berbeda dengan simulasi salah yang dilakukan. Untuk perhitungan nilai MSE kegiatan atau aktivitas kerja yang lainnya terdapat pada Lampiran G.

6.2.4 Rekapitulasi Perhitungan Nilai MSE

Hasil percobaan yang dilakukan dengan melakukan perbandingan antara simulasi benar dengan simulasi benar dan simulasi benar dengan simulasi salah. Tabel 6.21 merupakan hasil perhitungan yang telah dilakukan.

Tabel 6.21 Rekapitulasi Perhitungan MSE

| Kegiatan | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
|-----------------------|---------------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| <i>Marking</i> Benar | 1.847 | 2.846 | 1.766 | 0.100 | 0.228 | 0.013 |
| <i>Marking</i> Salah | 12.426 | 12.858 | 12.881 | 1.300 | 1.528 | 1.013 |
| <i>Cutting</i> Benar | 17.847 | 6.846 | 4.766 | 43.856 | 42.744 | 50.900 |
| <i>Cutting</i> Salah | 0.100 | 0.228 | 0.013 | 12.900 | 34.123 | 0.837 |
| <i>Tag Weld</i> Benar | 2.336 | 2.495 | 1.313 | 13.885 | 8.115 | 10.418 |
| <i>Tag Weld</i> Salah | 0.064 | 0.111 | 0.137 | 3.148 | 3.891 | 3.477 |

Hasil tersebut dapat digunakan untuk mengetahui apakah sistem aplikasi dan *hardware* yang digunakan mampu melakukan justifikasi untuk menentukan pekerja yang sedang bekerja atau tidak. Jika nilai *mean square error* dari data benar dan data benar lebih kecil dari nilai *mean squared error* data benar dengan data salah maka alat tersebut dapat digunakan dengan tujuan tersebut.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem *monitoring* pekerja saat ini masih menggunakan sistem manual. Pengawasan dilakukan secara langsung dengan turun ke lapangan kerja. Oleh karena itu, dibutuhkan hasil dari penelitian ini untuk dapat melakukan pengawasan (*monitoring*) dalam waktu yang sebenarnya (*real time monitoring system*). Dengan sistem tersebut dapat membuat proses pengawasan (*monitoring*) terhadap kinerja menjadi lebih praktis, efektif, dan efisien.
2. Sistem aplikasi *monitoring* kinerja menggunakan sistem aplikasi berbasis komputer. Sistem IMU (*Inertial Movement Unit*) dengan modul sensor *accelerometer* dan *gyroscope* serta *microcontroller Arduino Uno* digunakan untuk melakukan *motion capture*.
3. Bagian tubuh yang dominan dalam bergerak pada pelaksanaan kegiatan *fitter* yaitu *marking* (penandaan), *cutting* (pemotongan), dan *tag weld* (pengelasan titik). Bagian tubuh tersebut adalah *Right Fore Arm* (tangan kanan bawah) dan *Lower Spine* (punggung bawah). Selain itu, didapatkan *patern* (pola) grafik dan nilai MSE (*Mean Squared Error*) dari setiap kegiatan atau aktifitas kerja yang dilakukan. Sistem aplikasi akan *me-recognize* (mengenal) sebagai kegiatan kerja melalui nilai MSE yang dihasilkan oleh sistem. Apabila nilai MSE pada setiap sumbu mempunyai nilai yang kecil maka sistem aplikasi akan *me-recognize* (mengenal) sebagai kegiatan kerja. Namun apabila nilai MSE yang dihasilkan besar maka sistem akan menyatakan sebagai bukan kegiatan kerja. Dengan demikian, alat dan sistem aplikasi yang dirancang dapat melakukan *monitoring* kegiatan atau aktifitas kerja dari seorang *fitter*.
4. Selain itu, diketahui faktor yang mempengaruhi tingkat keakuratan sistem yang dibuat. Yaitu terdapat *noise* atau pertambahan nilai data yang dihasilkan oleh pembacaan sensor yang disebabkan oleh gerakan tambahan yang dilakukan oleh pekerja. Selain itu, *noise* juga disebabkan karena keterbatasan sensor yang digunakan yang sangat sensitive jika terjadi gerakan meskipun itu merupakan gerakan yang kecil. Hal ini akan mempengaruhi keakuratan pembacaan data yang dihasilkan oleh sensor yang digunakan.

7.2 Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada percobaan tugas akhir ini menggunakan *module sensor MPU 6050* yang kurang akurat dalam melakukan pembacaan nilai *output*. Selain itu *module sensor* jenis ini juga sangat sensitive dalam melakukan pembacaan *output* sehingga banyak data yang dihasilkan kurang akurat.
2. *Hardware* pada penelitian ini menggunakan *Arduino Uno* sehingga kapasitas *memory* menjadi kendala dalam pengujian, sehingga untuk penelitian selanjutnya mikrokontroler yang digunakan harus memiliki kapasitas *memory* yang lebih besar.
3. Pembuatan aplikasi dapat dilakukan dengan menggunakan data *output* yang menjadi kesimpulan dari tugas akhir ini. Data tersebut dapat digunakan sebagai *input* dari aplikasi yang akan dibuat sehingga dapat memutuskan kegiatan atau aktivitas pekerjaan yang dilakukan.
4. Semakin banyak data kegiatan atau aktivitas pekerjaan yang dilakukan maka semakin akurat sistem dalam melakukan pengambilan keputusan.
5. *Monitoring* yang dilakukan pada kegiatan atau aktivitas kerja yang mempunyai gerakan kompleks seperti pada proses *Assembly* perlu ditambahkan *module sensor* yang lainnya. Hal tersebut dilakukan untuk memperbanyak faktor penentu sehingga dapat meningkatkan keakuratan sistem yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, Peraturan Pemerintah Nomor 39 Tahun 2006 Tentang Tata Cara Pengendalian dan Evaluasi pelaksanaan Rencana Pembangunan.
- Achmafajri, R., & Triwilaswandio, W. P. (2017). Perancangan Aplikasi Berbasis Android untuk Pemeriksaan Pengelasan pada Bangunan Kapal Baru. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 1, (2017) ISSN: 2337-3539*, G1-G7.
- Brooke, J., & Whiting, H. (1993). *The Human Movement Series*. Henry Kimpton Publishers. London.
- Burt, et al. (2017). *Essential Tremor Measurement and Analysis*. New Jersey, USA : New Jersey Governor's School of Engineering and Technology.
- Cadmus-Bertram, L. (2017). *Using Fitness Trackers in Clinical Research: What Nurse Practitioners Need to Know*. J. Nurse Pract : Finlandia.
- Casilari, et al. (2015). *Analysis of Android Device-Based Solutions for Fall Detection*. Malaga, ES: Universidad de Malaga.
- Chatterjee, et al. (2016). *Classification of wearable computing: A survey of electronic assistive technology and future design*. In Proceedings of the 2016 Second International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN), Kolkata, India, 23–25 September 2016.
- Dunn, W. N. (2003). *Analisis Kebijakan Publik*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Edvardsen, et al. (2017). *Sensor-Based Intelligent Positioning and Monitoring System*. Uppsala, SE: Uppsala Universitet.
- Fathurahman, et al. (2018). *Sistem Pendeteksi Kondisi Terjatuh Berbasis Accelerometer dan Gyroscope Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*. Surabaya (ID) : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Godfrey, et al. (2008). *Direct measurement of human movement by accelerometry*. Galway, IE:University of Ireland.
- Haas, et al. (2016). *Using Dust Assessment Technology to Leverage Mine Site Manager Worker Communication and Health Behavior: A Longitudinal Case Study*. London.
- Hamill J., & Knutzen, K. (2003). *Biomechanical Basis of Human Movement*. Baltimore. Lippincott Williams &Wilkins. London.

- Hanuska, et al. (2016). *Smart Clothing Market Analysis*. J. Nurse Pract : Finlandia.
- Hansel, D., & Triwilaswandio, W. P. (2016). Peancangan Aplikasi Komputer Berbasis Android untuk Estimasi Biaya Reparasi Kapal Interaktif. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 2, (2016) ISSN: 2337-3539*, G47-G51.
- Hazarika, P. (2016). *Implementation of smart safety helmet for coal mine workers*. Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems, Delhi, India, 4–6 July 2016.
- Jack Febrian. (2007). *Kamus Komputer dan Teknologi Informasi*. Informatika. Bandung.
- Lasuardi, J. A., & Triwilaswandio, W. P. (2016). Perancangan Aplikasi Komputer Berbasis Android untuk Panduan Pengawasan Pembangunan Kapal Baru oleh Owner Surveyor. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 2, (2016) ISSN: 2337-3539*, G338-G343.
- Jogiyanto. (2005). *Analisis dan Desain Sistem Informasi*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Jones, K.W. (2018). *Environmental Sensors. In Sensors Set: A Comprehensive Survey*. Weinheim, GR : Germany.
- Khoa, T.V.A. (2015). *Wearable Smart Technologies: New Era of Technology.*, Lapland, FI : Lapland University of Applied Sciences.
- Kreighbaum E., & Barthels, K. (1996). *Biomechanics: a qualitative approach for studying human movement*. Allyn and Bacon. Boston.
- Ladjamudin, Al Bahra. (2005). *Analisis dan Desain Sistem Informasi*. Graha Ilmu. Tangerang.
- Lasuardi, J. A., & Triwilaswandio, W. P. (2016). Perancangan Aplikasi Komputer Berbasis Android untuk Panduan Pengawasan Pembangunan Kapal Baru oleh Owner Surveyor. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 2, (2016) ISSN: 2337-3539*, G338-G343.
- Mardonova, et al. (2018). *Review of Wearable Device Technology and Its Application to the Mining Industry*. Busan, KR : Pukyong National University.
- Monošík, et al. (2012). *Biosensors—Classification, characterization and new trends*. Acta Chim : Slovakia.
- Mortazavi, et al. (2015). *Can Smartwatches Replace Smartphones for Posture Tracking?*. Los Angeles, USA: University of California.
- Nursyahid, Ms. (2015). *Fitter, Fabrication, and Erection*. www.cenzahid.com. Diakses: 06 Mei 2017 pukul 12:08 WIB.
- Parate, A., & Ganesan, D. (2017). *Detecting Eating and Smoking Behaviors Using Smartwatches. In Mobile Health*. Springer : Cham, Switzerland.

- Haloho, P. S., & Triwilaswandio, W. P. (2016). Perancangan Aplikasi Komputer Berbasis Android untuk Survei Kondisi Kapal oleh Owner Surveyor. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 2, (2016) ISSN: 2337-3539*, G320-G325.
- Putra A.P. (2002). *Belajar Mikrokontroller*. Gava Media. Yogyakarta.
- Putra, R. R., & Triwilas, W. P. (2016). Perancangan Aplikasi Berbasis Komputer Untuk Proses Manajemen Mutu. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 2, (2016) ISSN: 2337-3539*, G326-G331.
- Pratama, P. A., & Triwilaswandio, P. W. (2017). Perancangan Sistem Informasi Berbasis Komputer untuk Monitoring Aktivitas di Bengkel Produksi Pada Pembangunan Kapal Baru. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 2 (2017), 2337-3520*, G213-G218.
- Salbino Sharief. (2013). *Buku Pintar Gadget Android untuk Pemula*. Lembar Langit Indonesia. Jakarta.
- Soejitno Soeharto. (1996). *Galangan Kapal: Diktat kuliah Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Spirduso. (1995). *Physical dimensions of aging*. Human Kinetics. Champaign
- Sutarman. (2009). *Pengantar teknologi Informasi*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Trew M., & Everett, T. (2001). *Human movement: an introductory text*. Harcourt Publishers Limited. London.
- Uslu, et al. (2013). *Human Activity Monitoring with Wearable Sensors and Hybrid Classifiers*. Computer Engineering. London.
- Wirayudha, S., & Triwilaswandio, W. P. (2017). Perancangan Aplikasi Berbasis Android untuk Aktivitas Manajemen Material Galangan Kapal Baru. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 2 (2017), 2337-3520*, G142-G147.
- Yeo, et al. (2008). *Fibre-optic sensor technologies for humidity and moisture measurement*. Actuators A Phys. Sens
- Yun, et al. (2007). *Self-contained Position Tracking Human Movement Using Small Inertial/Magnetic Sensor Module*. Makalah. IEEE International Conference on Robotics and Automation Roma, Italy 10-14 April 2007.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

Lampiran A Data Pekerja

Lampiran B *Sketch* (Program) *Arduino Uno*

Lampiran C Data Hasil *Ouput* Modul Sensor

Lampiran D Grafik Data Hasil *Output* Modul Sensor

Lampiran E *Sketch* (Program) *WiFi Shield* ESP 8266

Lampiran F Perhitngan Nilai *Mean Squared Error* (MSE)

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN A

DATA PEKERJA

Pekerja 1

| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| | |
| Nama Lengkap | Eko Julianto |
| Tempat, Tanggal Lahir | Pasuruan, 21 Juni 1976 |
| Usia | 42 tahun |
| Tinggi Badan | 174 cm |
| Berat Badan | 63 kg |
| Jabatan | Fitter |
| Sertifikat | - Sertifikat Juru Las BKI SMAW |
| | - Sertifikat Juru Las BKI FCAW |
| | |

Pekerja 2

| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| | |
| Nama Lengkap | Firman Teguh Putranto |
| Tempat, Tanggal Lahir | Malang, 07 Januari 1980 |
| Usia | 38 tahun |
| Tinggi Badan | 170 cm |
| Berat Badan | 55 kg |
| Jabatan | Fitter |
| Sertifikat | - Sertifikat Juru Las BKI SMAW |
| | - Sertifikat Operator Crane |
| | |

Pekerja 3

| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| | |
| Nama Lengkap | Junaedi |
| Tempat, Tanggal Lahir | Pasuruan, 27 Maret 1982 |
| Usia | 36 tahun |
| Tinggi Badan | 168 cm |
| Berat Badan | 52 kg |
| Jabatan | Fitter |
| Sertifikat | - Sertifikat Juru Las BKI SMAW |
| | - Sertifikat Juru Las BKI FCAW |
| | |

LAMPIRAN B
SKETCH (PROGRAM) ARDUINO UNO

Sketch (Program) Arduino Uno

```
#include<Wire.h>
const int MPU2=0x69,MPU1=0x68;
int16_t AcX1,AcY1,AcZ1,Tmp1,GyX1,GyY1,GyZ1;
int16_t AcX2,AcY2,AcZ2,Tmp2,GyX2,GyY2,GyZ2;

//-----\setup loop\-----
---
void setup(){
  Wire.begin();
  Wire.beginTransmission(MPU1);
  Wire.write(0x6B);// PWR_MGMT_1 register
  Wire.write(0); // set to zero (wakes up the MPU-6050)
  Wire.endTransmission(true);Wire.begin();
  Wire.beginTransmission(MPU2);
  Wire.write(0x6B);// PWR_MGMT_1 register
  Wire.write(0); // set to zero (wakes up the MPU-6050)
  Wire.endTransmission(true);
  Serial.begin(9600);
}

//-----\void loop\-----
----
void loop(){

  //get values for first mpu having address of 0x68
  GetMpuValue1(MPU1);
  Serial.print(" ");
  Serial.print("|||");

  //get values for second mpu having address of 0x69
  GetMpuValue2(MPU2);
  Serial.println("");
}

//-----\user defined functions\-----
----

void GetMpuValue1(const int MPU){

  Wire.beginTransmission(MPU);
  Wire.write(0x3B); // starting with register 0x3B (ACCEL_XOUT_H)
  Wire.endTransmission(false);
  Wire.requestFrom(MPU, 14, true); // request a total of 14 registers
  AcX1=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x3B (ACCEL_XOUT_H) & 0x3C (ACCEL_XOUT_L)
  AcY1=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x3D (ACCEL_YOUT_H) & 0x3E (ACCEL_YOUT_L)
  AcZ1=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x3F (ACCEL_ZOUT_H) & 0x40 (ACCEL_ZOUT_L)
  Tmp1=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x41 (TEMP_OUT_H) & 0x42 (TEMP_OUT_L)
  GyX1=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x43 (GYRO_XOUT_H) & 0x44 (GYRO_XOUT_L)
  GyY1=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x45 (GYRO_YOUT_H) & 0x46 (GYRO_YOUT_L)
  GyZ1=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x47 (GYRO_ZOUT_H) & 0x48 (GYRO_ZOUT_L)
```

```

//Serial.print(" AcX = ");
//Serial.print(AcX1);
//Serial.print(" | AcY = ");
//Serial.print(AcY1);
//Serial.print(" | AcZ = ");
//Serial.print(AcZ1);
Serial.print(" | GyX = ");
Serial.print(GyX1);
Serial.print(" | GyZ = ");
Serial.println(GyZ1);
Serial.print(" | GyY = ");
Serial.print(GyY1);

}

```

```

void GetMpuValue2(const int MPU){

```

```

    Wire.beginTransmission(MPU);
    Wire.write(0x3B); // starting with register 0x3B (ACCEL_XOUT_H)
    Wire.endTransmission(false);
    Wire.requestFrom(MPU, 14, true); // request a total of 14 registers
    AcX2=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x3B (ACCEL_XOUT_H) & 0x3C (ACCEL_XOUT_L)
    AcY2=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x3D (ACCEL_YOUT_H) & 0x3E (ACCEL_YOUT_L)
    AcZ2=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x3F (ACCEL_ZOUT_H) & 0x40 (ACCEL_ZOUT_L)
    Tmp2=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x41 (TEMP_OUT_H) & 0x42 (TEMP_OUT_L)
    GyX2=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x43 (GYRO_XOUT_H) & 0x44 (GYRO_XOUT_L)
    GyY2=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x45 (GYRO_YOUT_H) & 0x46 (GYRO_YOUT_L)
    GyZ2=Wire.read()<<8| Wire.read(); // 0x47 (GYRO_ZOUT_H) & 0x48 (GYRO_ZOUT_L)
    Serial.print("AcX");
    Serial.print(AcX2);
    Serial.print("AcY");
    Serial.print(AcY2);
    Serial.print("AcZ");
    Serial.print(AcZ2);
    //Serial.print(" | GyX = ");
    //Serial.print(GyX2);
    //Serial.print(" | GyY = ");
    //Serial.print(GyY2);
    //Serial.print(" | GyZ = ");
    //Serial.println(GyZ2);
}

```

LAMPIRAN C
DATA HASIL *OUTPUT* MODUL SENSOR

REKAPITULASI KEGIATAN *MARKING* (PENANDAAN)

| Kegiatan | Accelerometer | | | | | |
|-----------|---------------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -2392 | 10860 | 7020 | 21420 | -4596 | 10236 |
| Pekerja 2 | -1933 | 11319 | 7256 | 21656 | -4340 | 10492 |
| Pekerja 3 | -2635 | 10617 | 6561 | 20961 | -4827 | 10005 |
| \bar{x} | -2320 | 10932 | 6946 | 21346 | -4588 | 10244 |

| Kegiatan | Gyroscope | | | | | |
|-----------|-----------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -13480 | 14179 | -22689 | 19352 | -15127 | 25447 |
| Pekerja 2 | -13139 | 14520 | -22455 | 19586 | -14982 | 25592 |
| Pekerja 3 | -13701 | 13958 | -22767 | 19274 | -15214 | 25360 |
| \bar{x} | -13440 | 14219 | -22637 | 19404 | -15108 | 25466 |

REKAPITULASI KEGIATAN *CUTTING* (PEMOTONGAN)

| Kegiatan | Accelerometer | | | | | |
|-----------|---------------|-------|---------|-------|---------|------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -9452 | 10724 | 2048 | 22984 | -7856 | 4668 |
| Pekerja 2 | -9193 | 10983 | 2416 | 23352 | -7567 | 4957 |
| Pekerja 3 | -8737 | 11439 | 3073 | 24009 | -7100 | 5424 |
| \bar{x} | -9127 | 11049 | 2512 | 23448 | -7508 | 5016 |

| Kegiatan | Gyroscope | | | | | |
|-----------|-----------|-----|---------|------|---------|------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -843 | 584 | -1083 | 1481 | -264 | 884 |
| Pekerja 2 | -819 | 608 | -1066 | 1498 | -229 | 919 |
| Pekerja 3 | -692 | 735 | -724 | 1840 | -102 | 1046 |
| \bar{x} | -785 | 642 | -958 | 1606 | -198 | 950 |

REKAPITULASI KEGIATAN TAG WELD (PENGELASAN TITIK)

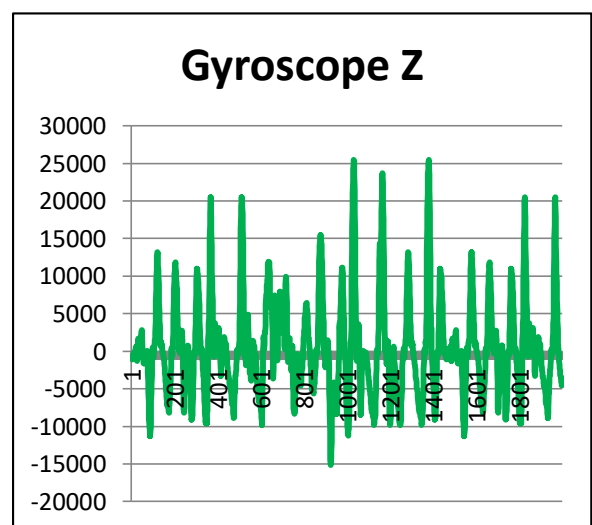
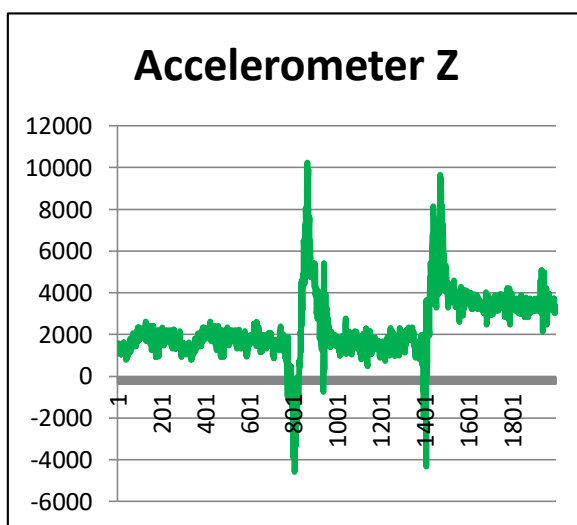
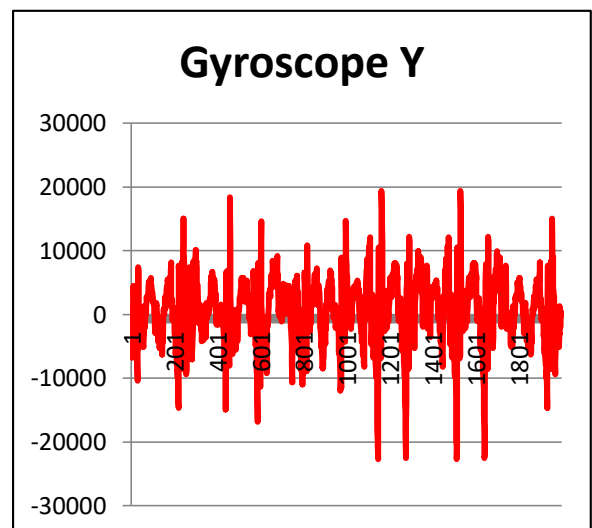
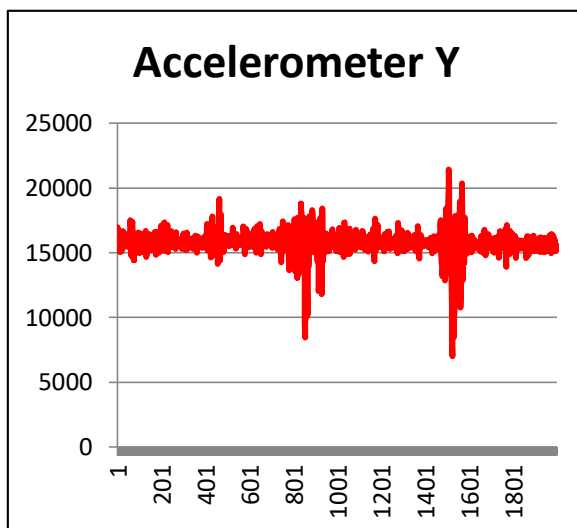
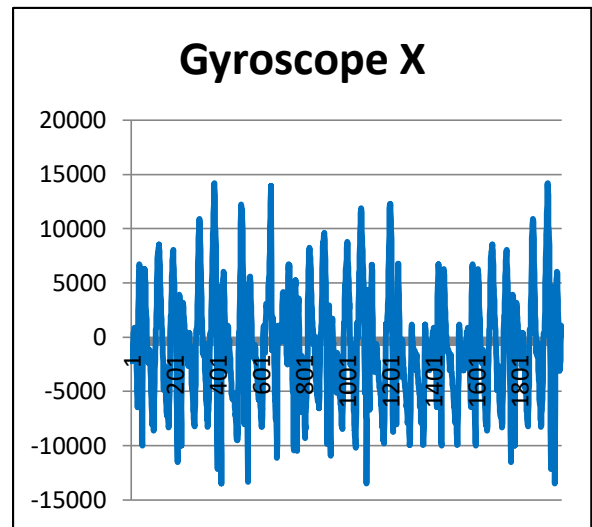
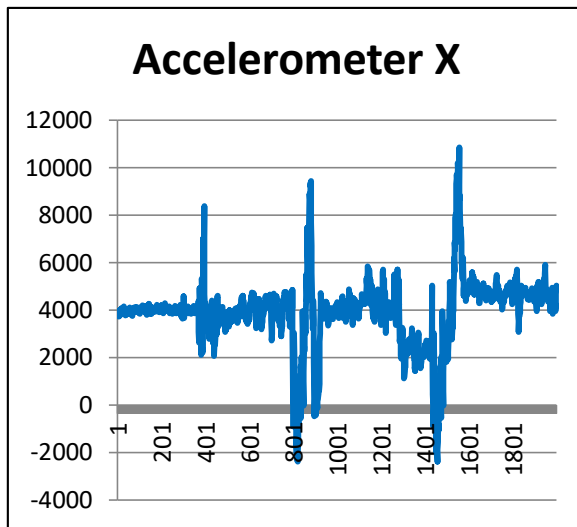
| Kegiatan | Accelerometer | | | | | |
|-----------|---------------|------|---------|-------|---------|-------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -1884 | 8740 | 10704 | 16212 | 6524 | 10132 |
| Pekerja 2 | -1530 | 9094 | 11193 | 16701 | 6782 | 10390 |
| Pekerja 3 | -1016 | 9608 | 11972 | 17480 | 7578 | 11186 |
| \bar{x} | -1477 | 9147 | 11290 | 16798 | 6961 | 10569 |

| Kegiatan | Gyroscope | | | | | |
|-----------|-----------|------|---------|-------|---------|------|
| | sumbu x | | sumbu y | | sumbu z | |
| | min | max | min | max | min | max |
| Pekerja 1 | -7176 | 5584 | -10906 | 10117 | -3040 | 6816 |
| Pekerja 2 | -6960 | 5800 | -10650 | 10373 | -2825 | 7031 |
| Pekerja 3 | -6658 | 6102 | -10159 | 10864 | -2597 | 7259 |
| \bar{x} | -6931 | 5829 | -10572 | 10451 | -2821 | 7035 |

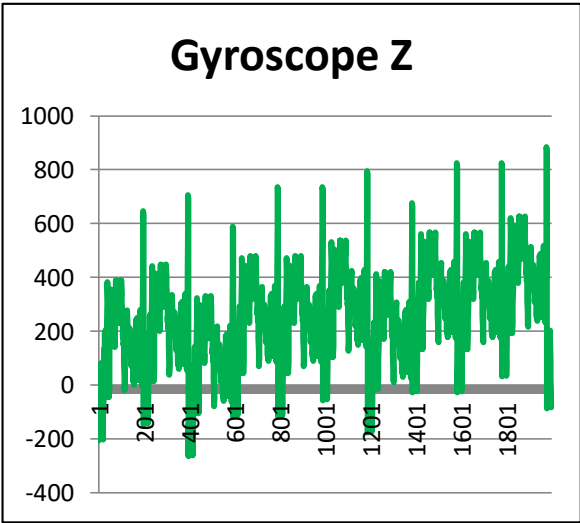
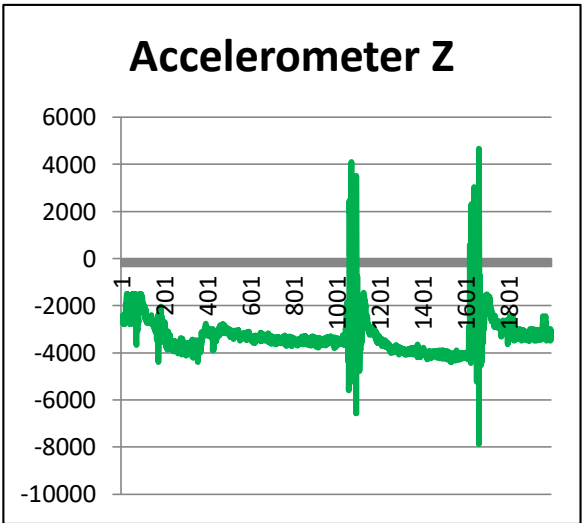
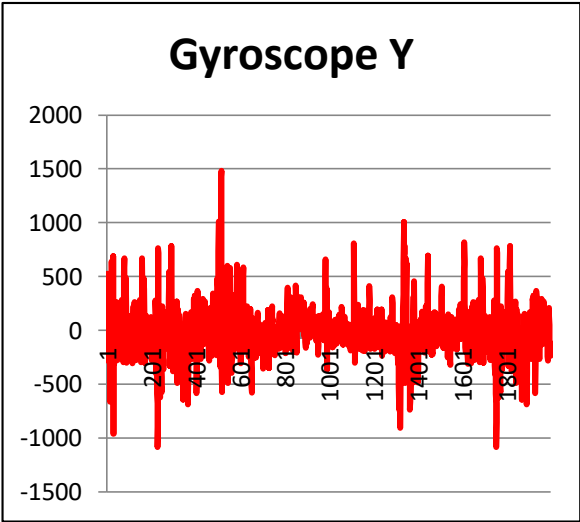
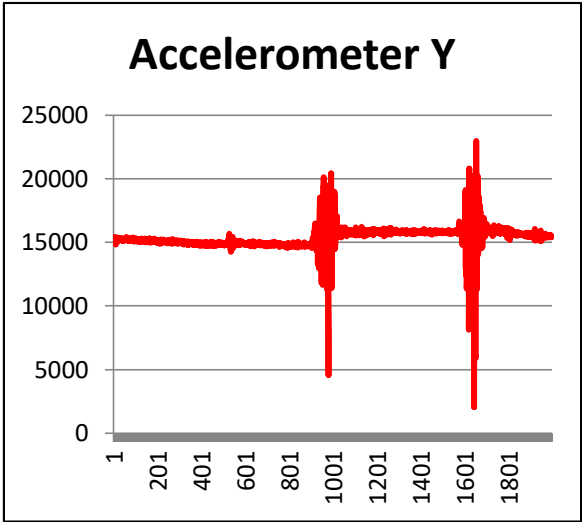
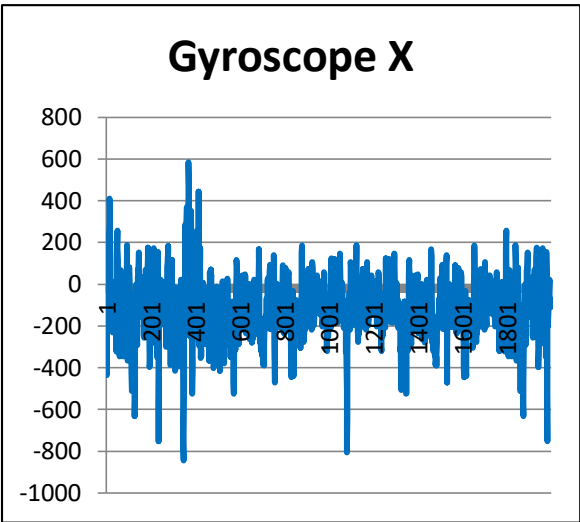
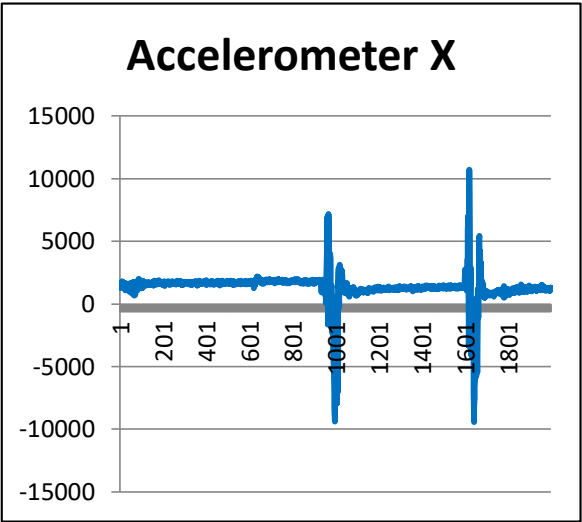
LAMPIRAN D
GRAFIK HASIL *OUTPUT* MODUL SENSOR

PEKERJA 1

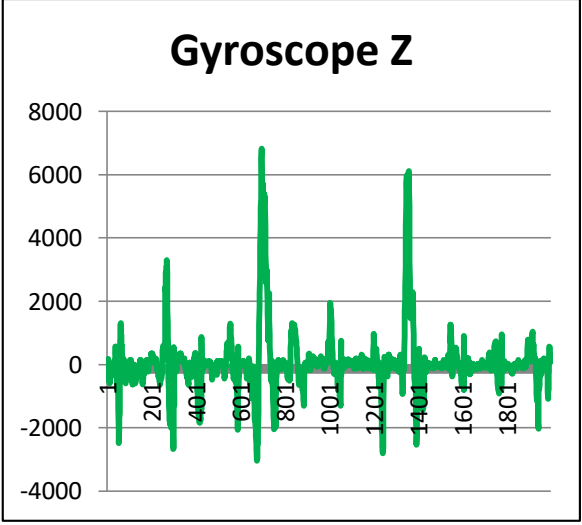
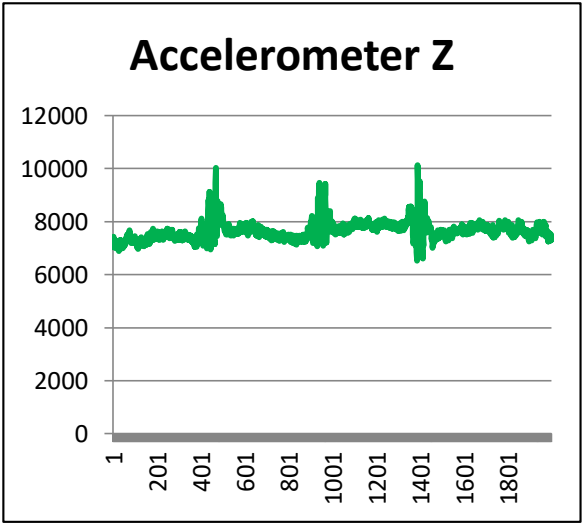
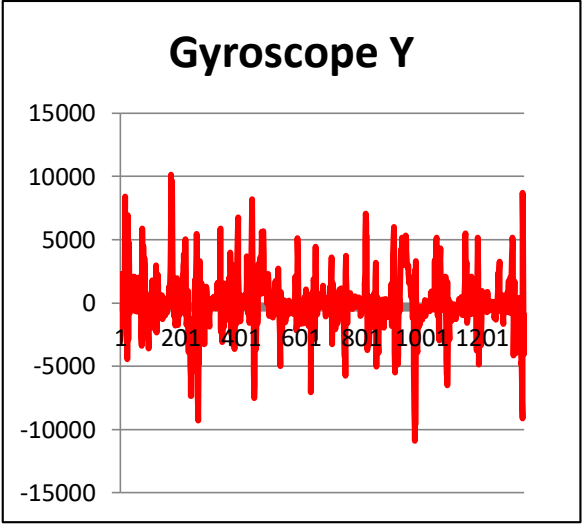
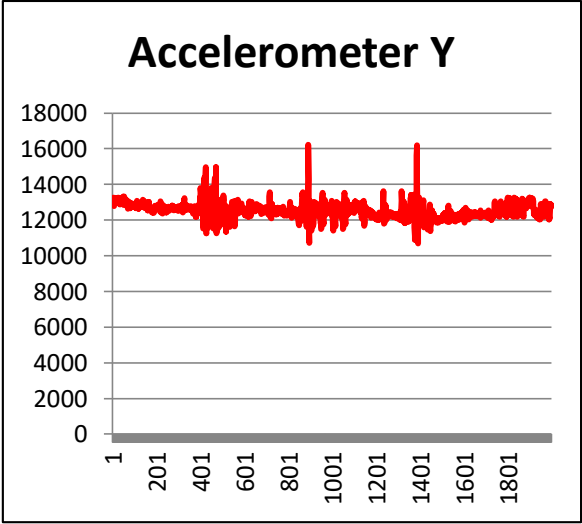
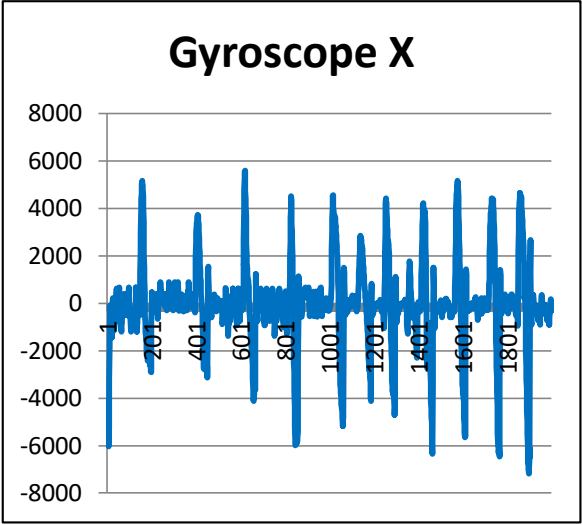
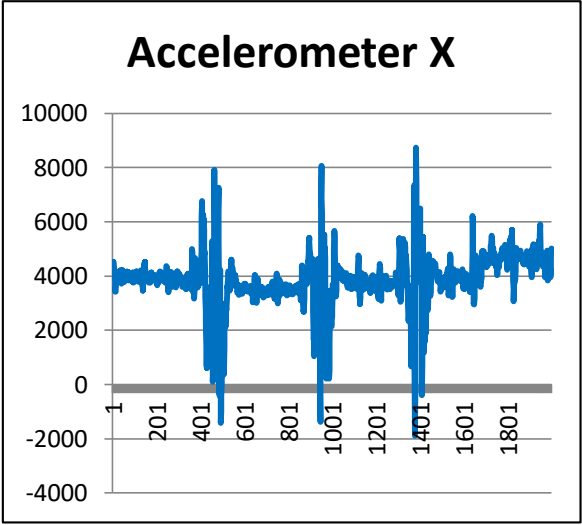
Kegiatan *Marking* (Penandaan)



Kegiatan *Cutting* (Pemotongan)

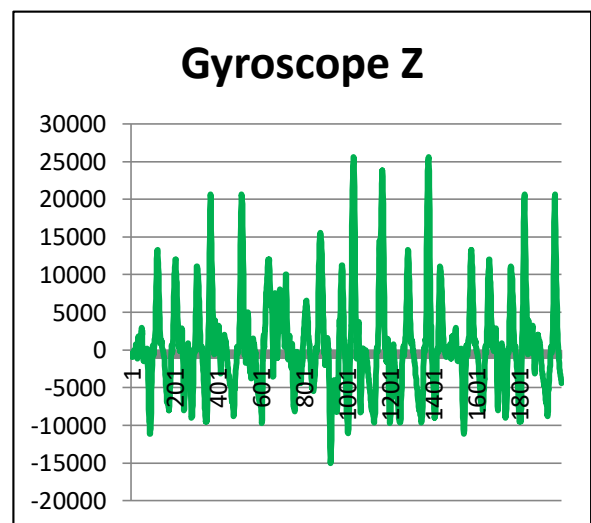
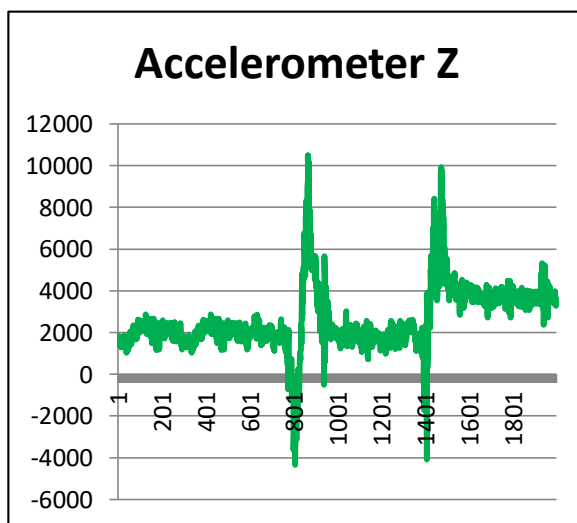
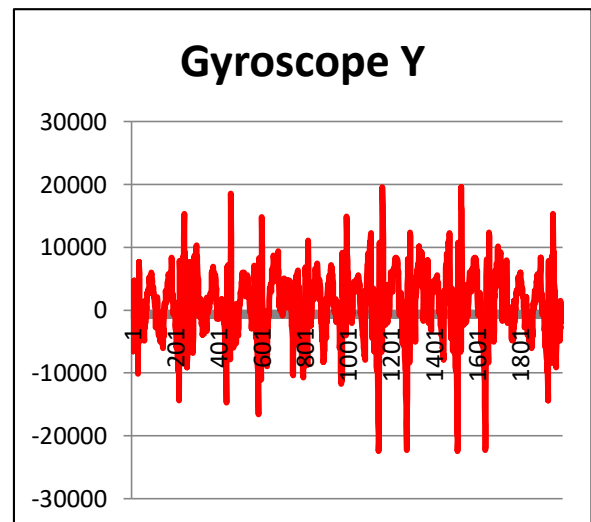
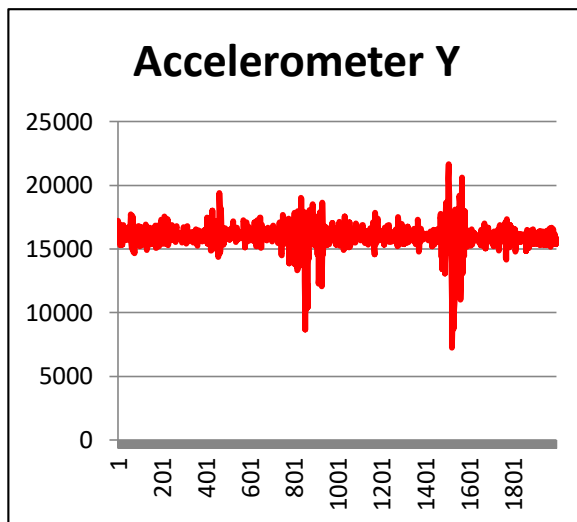
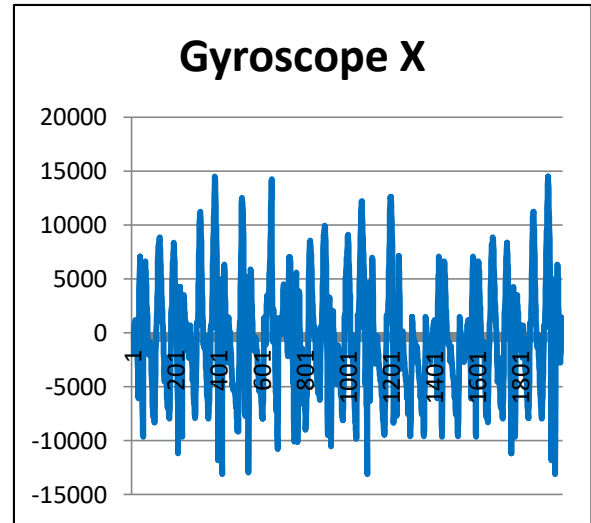
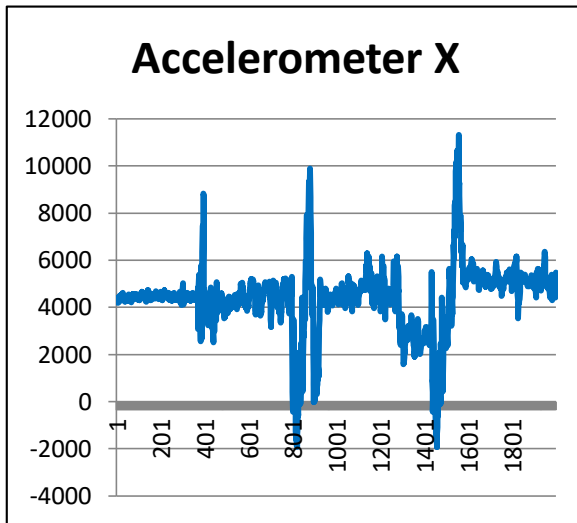


Kegiatan *Tag Weld* (Pengelasan Titik)

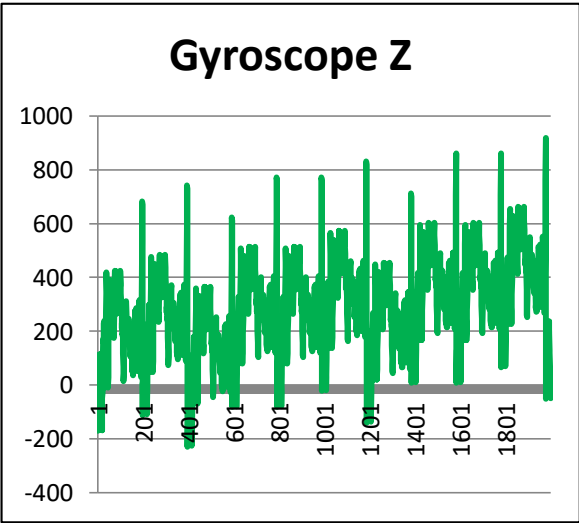
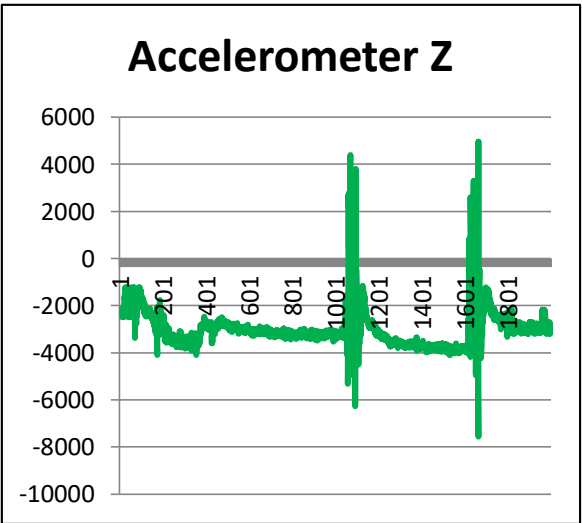
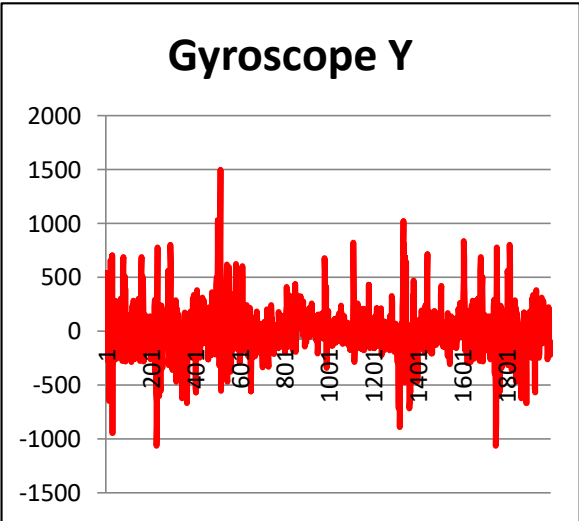
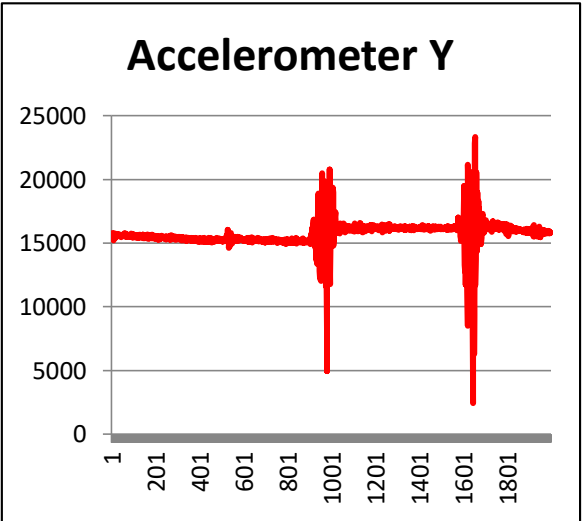
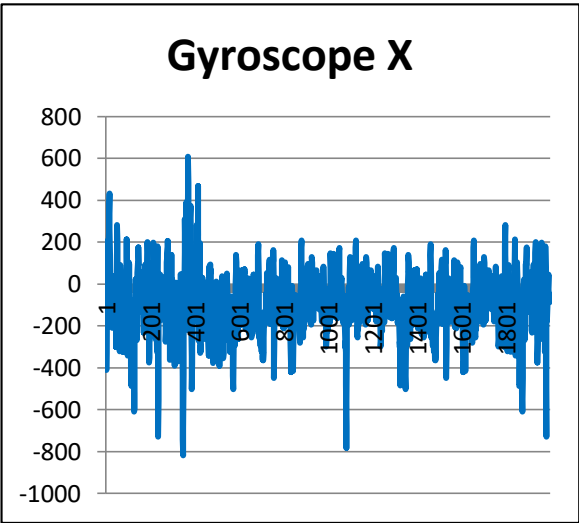
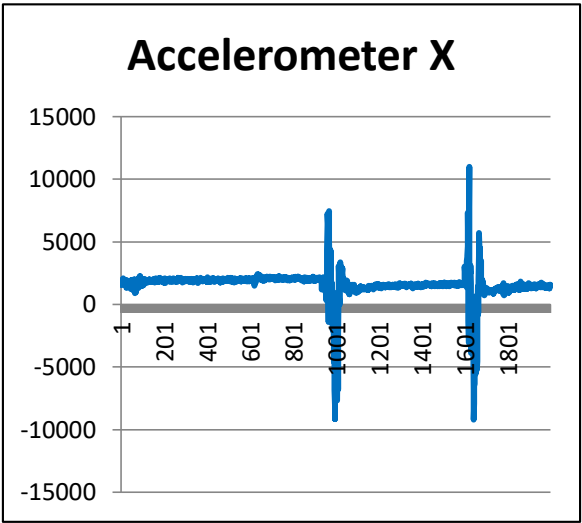


PEKERJA 2

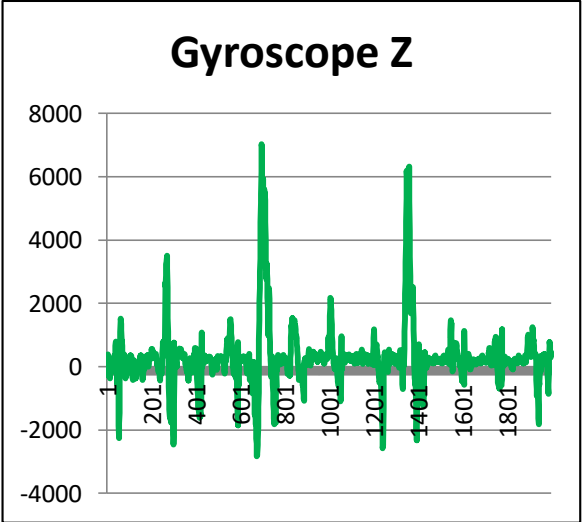
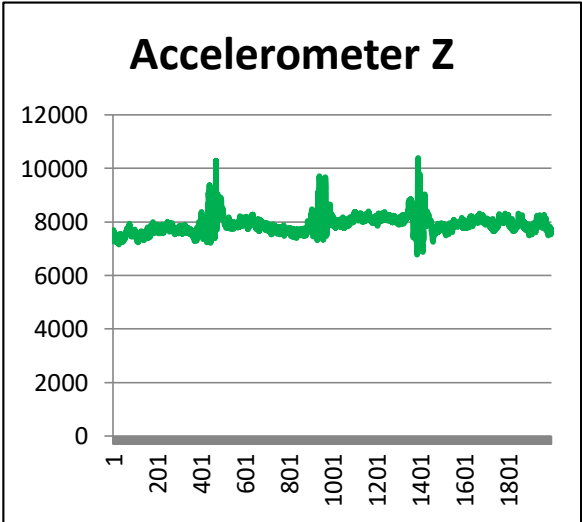
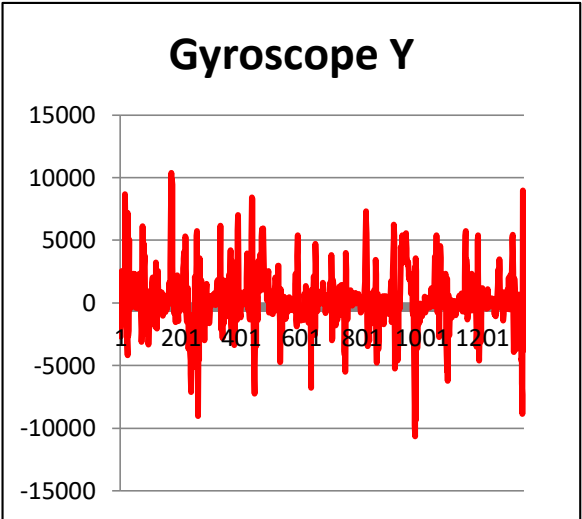
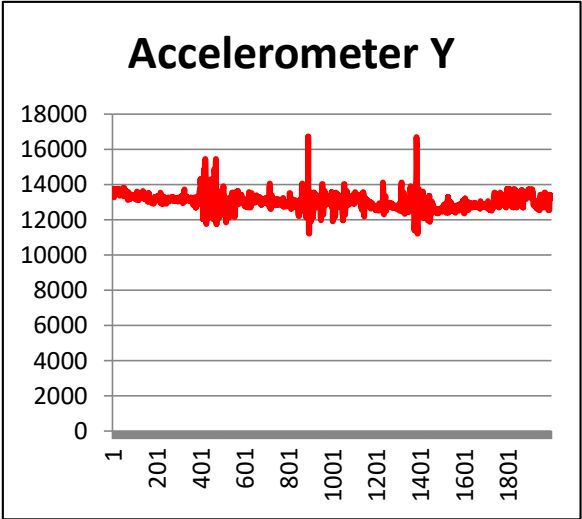
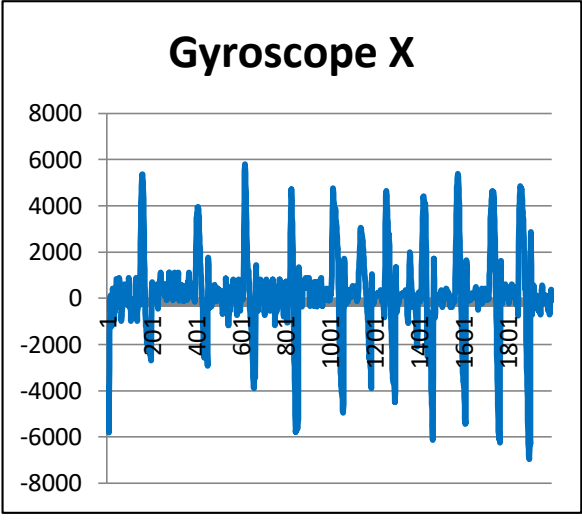
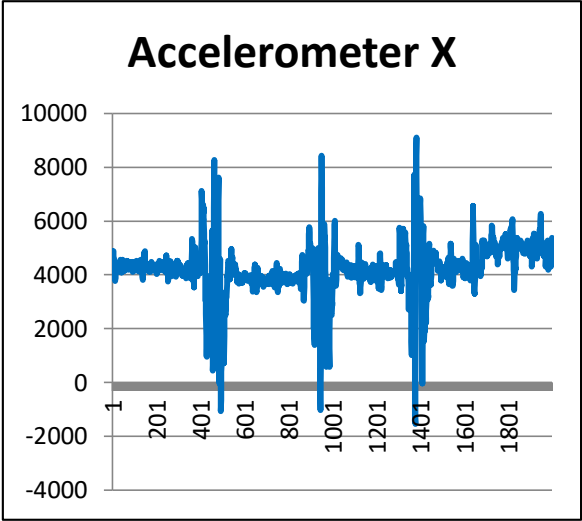
Kegiatan *Marking* (Penandaan)



Kegiatan *Cutting* (Pemotongan)

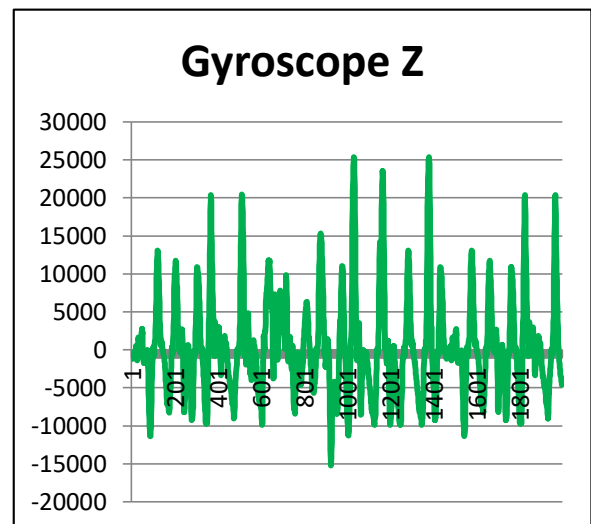
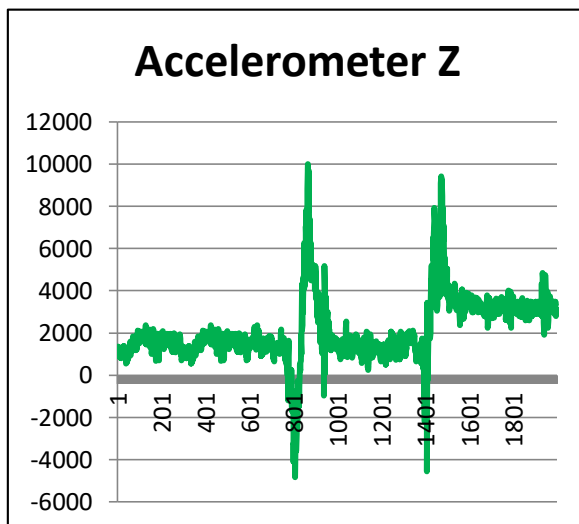
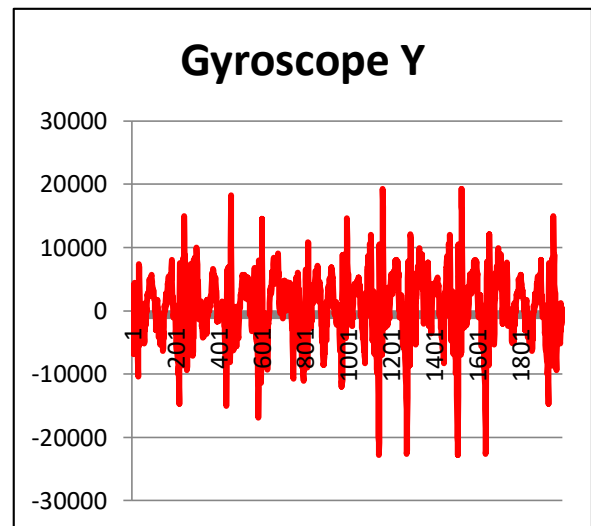
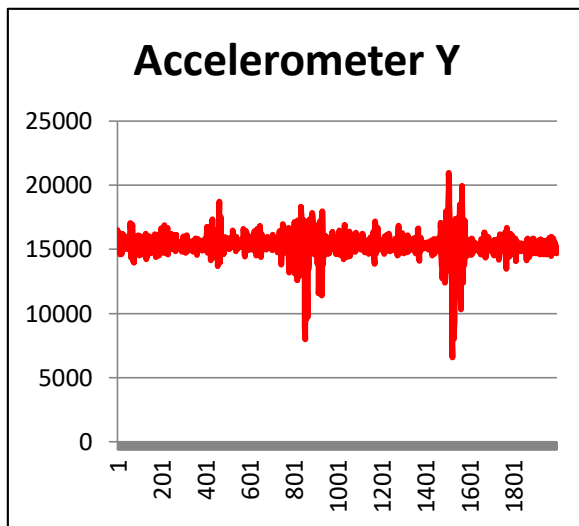
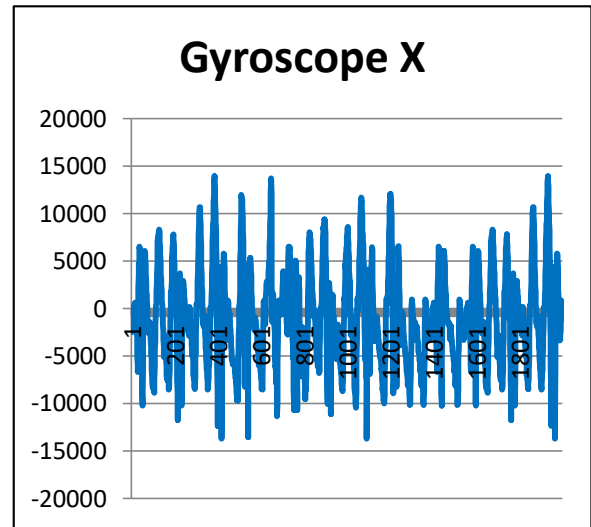
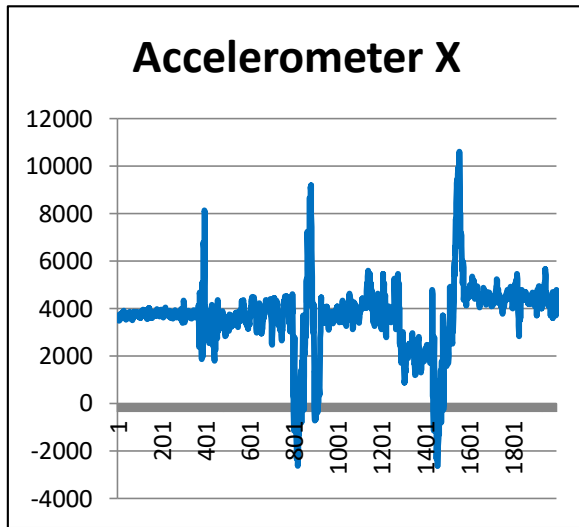


Kegiatan *Tag Weld* (Pengelasan Titik)

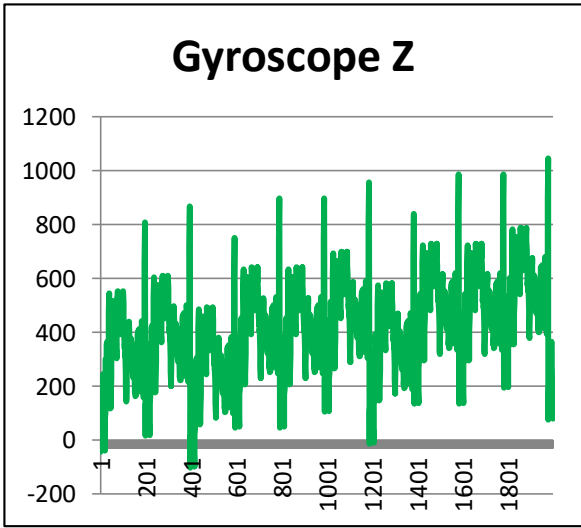
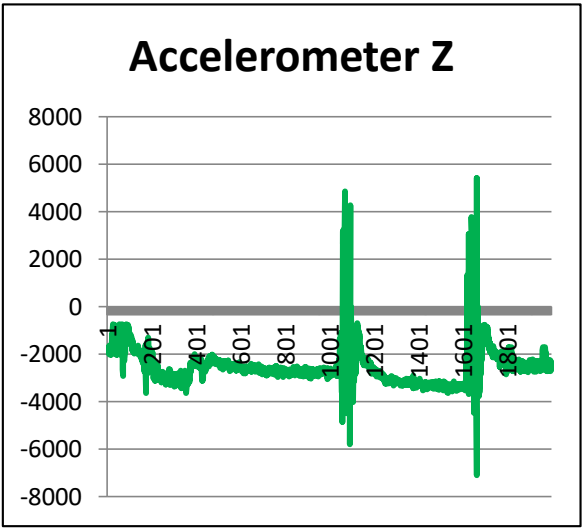
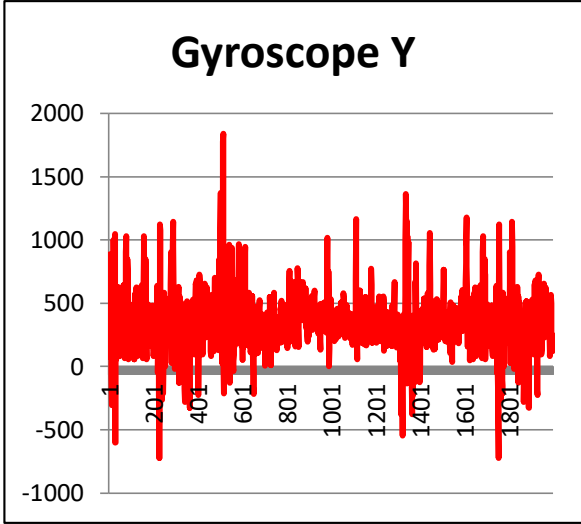
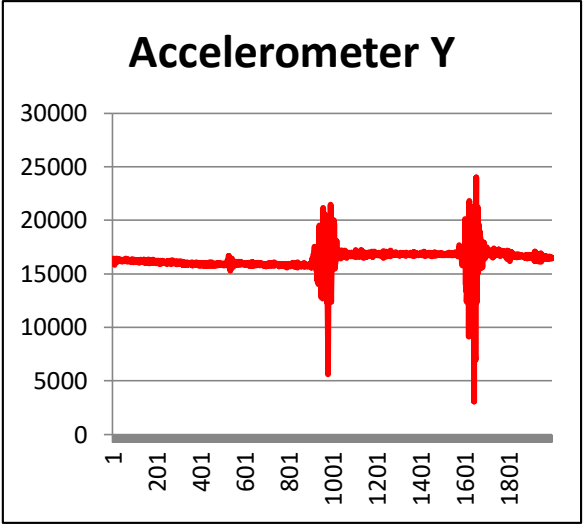
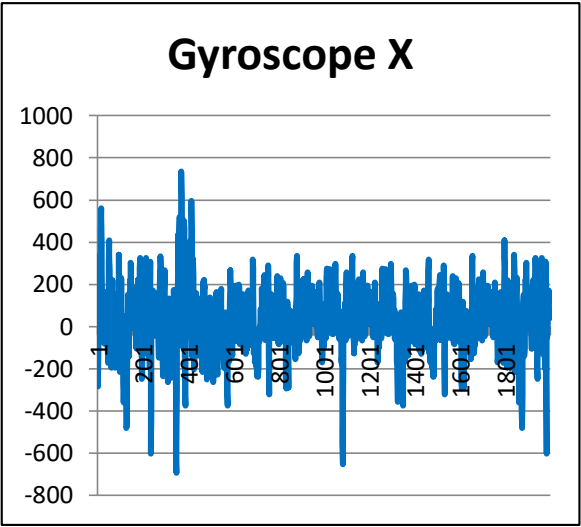
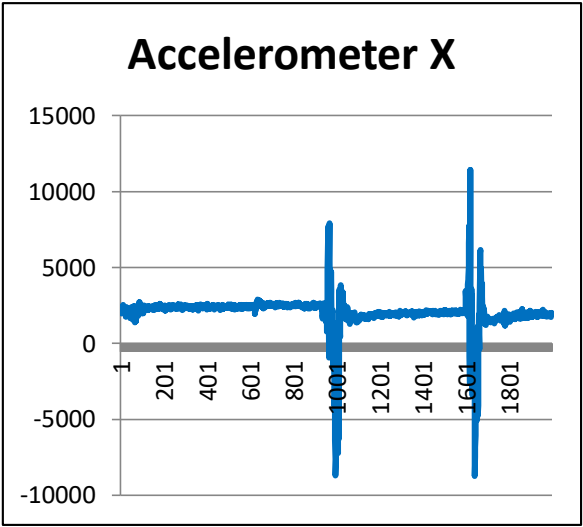


PEKERJA 3

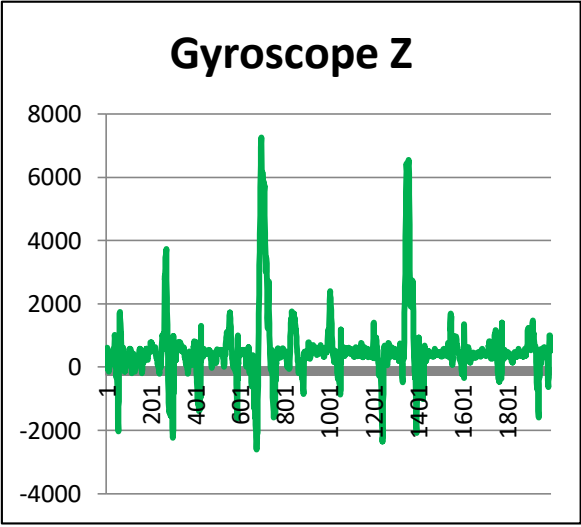
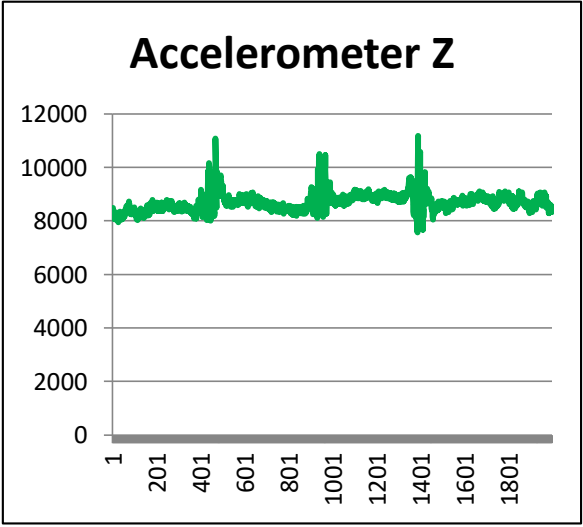
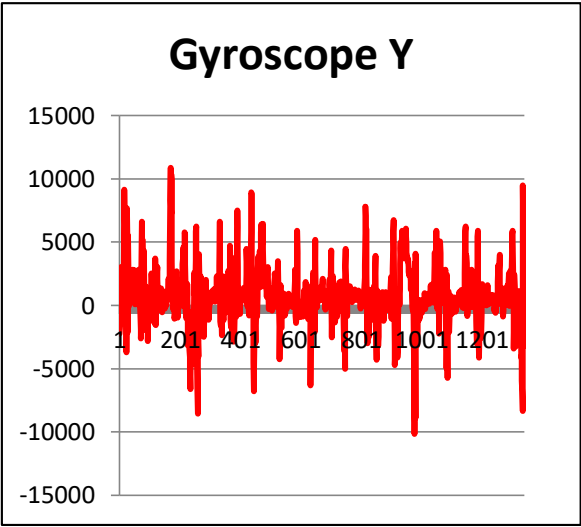
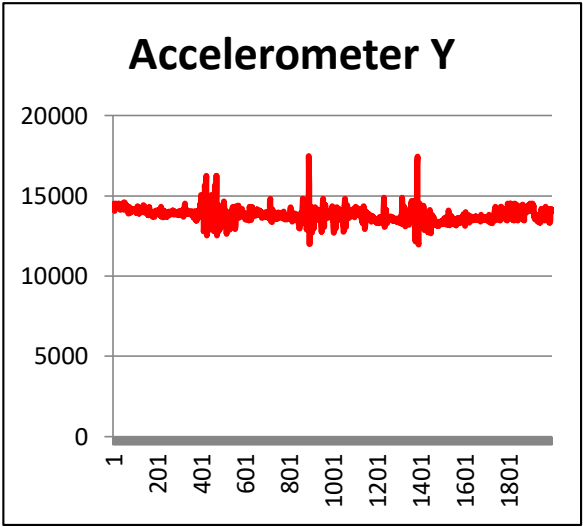
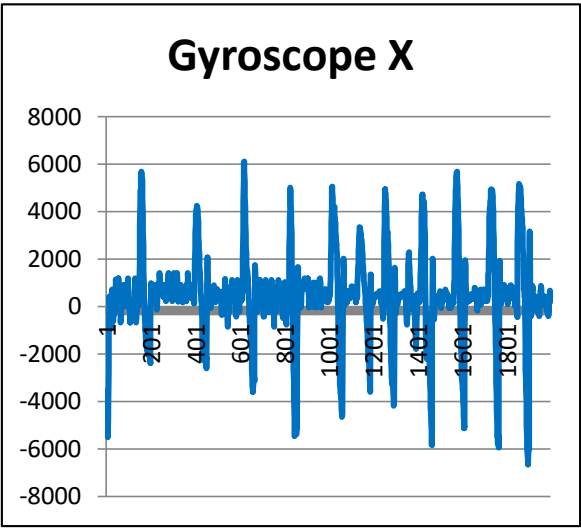
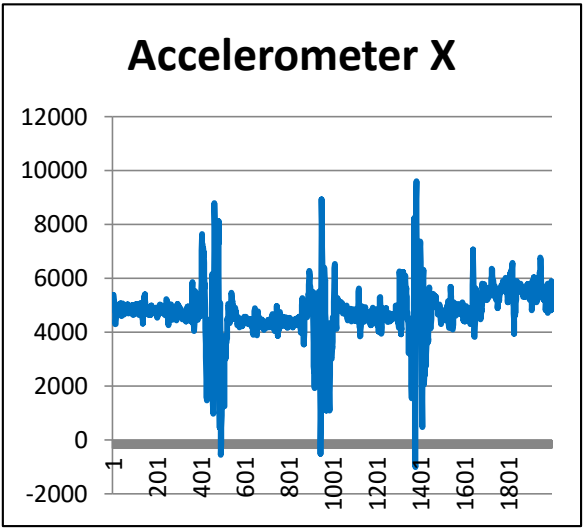
Kegiatan *Marking* (Penandaan)



Kegiatan *Cutting* (Pemotongan)



Kegiatan *Tag Weld* (Pengelasan Titik)



LAMPIRAN E
SKETCH (PROGRAM) WIFI SHIELD ESP 8266

Sketch (Program) WiFi Shield ESP 8266

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>

/* Set these to your desired credentials. */
const char *ssid = "ESPap";
const char *password = "thereisnospoon";
String dataIn;
String serial_data;
boolean parsing = false;
ESP8266WebServer server(80);

/* Just a little test message. Go to http://192.168.4.1 in a web browser
 * connected to this access point to see it.
 */
void handleRoot() {
    server.sendHeader("Refresh", "2" );
    server.send(200, "text/html", "Data : "+serial_data);
}

void setup() {
    delay(1000);
    Serial.begin(115200);
    Serial.println();
    Serial.print("Configuring access point...");
    /* You can remove the password parameter if you want the AP to be open. */
    WiFi.softAP(ssid, password);

    IPAddress myIP = WiFi.softAPIP();
    Serial.print("AP IP address: ");
    Serial.println(myIP);
    server.on("/", handleRoot);
    server.begin();
    Serial.println("HTTP server started");
}

void loop() {
    while(Serial.available()>0){
        char inChar = (char)Serial.read();           //serial in char per char
        dataIn += inChar;                           //tampung char
        serial_data = dataIn;
        Serial.println(serial_data);
        if (inChar == ' ')                          //indikasi paket data selesai (CR)
        {
            parsing = true;
        }
    }
}
```

```
}  
if (parsing)  
{  
    parsing = false;           //parsing selesai  
    dataIn = " ";             //data penampung dihapus  
}  
}  
    server.handleClient();  
}
```

LAMPIRAN F
PERHITUNGAN NILAI *MEAN SQUARED ERROR*
(MSE)

*MEAN SQUARED ERROR (MSE) MELAKUKAN
KEGIATAN MARKING (PENANDAAN)*

DATA

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|-------|-------|-----------|-----|-----|---------------|-------|-------|-----------|-------|-----|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1856 | 15340 | -2584 | -176 | -13 | 160 | 2066 | 15570 | -2478 | 162 | -245 | 364 |
| 2 | 1844 | 15320 | -2588 | -142 | 32 | 138 | 1978 | 15366 | -2250 | -149 | -207 | 373 |
| 3 | 1804 | 15116 | -2660 | -140 | -65 | 142 | 1998 | 15410 | -2154 | -196 | 808 | 390 |
| 4 | 1872 | 15160 | -2500 | -131 | 83 | 138 | 2002 | 15550 | -2450 | -76 | 160 | 403 |
| 5 | 1924 | 15300 | -2556 | -147 | 71 | 147 | 1974 | 15482 | -2518 | 98 | -68 | 395 |
| 6 | 1816 | 15340 | -2676 | -78 | -11 | 170 | 1810 | 15390 | -2534 | 22 | 240 | 365 |
| 7 | 1728 | 15320 | -2628 | -111 | 32 | 164 | 1954 | 15470 | -2330 | 8 | 193 | 371 |
| 8 | 1748 | 15116 | -2508 | -131 | -75 | 138 | 2174 | 15558 | -2458 | 201 | 96 | 339 |
| 9 | 1752 | 15160 | -2728 | -83 | -65 | 138 | 2066 | 15542 | -2538 | 342 | -30 | 433 |
| 10 | 1724 | 15300 | -2500 | -90 | 11 | 148 | 1978 | 15486 | -2478 | -90 | -307 | 504 |
| 11 | 1560 | 15232 | -2404 | -131 | -84 | 130 | 1910 | 15522 | -2854 | -17 | -540 | 569 |
| 12 | 1704 | 15140 | -2700 | -145 | 84 | 138 | 1858 | 15446 | -2926 | 73 | -626 | 550 |
| 13 | 1924 | 15220 | -2768 | -88 | 37 | 148 | 2106 | 15370 | -2758 | -93 | -1033 | 576 |
| 14 | 1816 | 15308 | -2784 | -37 | -11 | 203 | 2094 | 15590 | -2930 | -275 | -807 | 585 |
| 15 | 1728 | 15292 | -2580 | -88 | -11 | 184 | 2054 | 15570 | -2890 | -191 | -18 | 555 |
| 16 | 1660 | 15236 | -2708 | -81 | -25 | 143 | 2122 | 15366 | -2802 | 128 | 80 | 387 |
| 17 | 1608 | 15272 | -2788 | -99 | 1 | 123 | 2174 | 15410 | -2846 | 86 | -48 | 540 |
| 18 | 1572 | 15196 | -2728 | -61 | 5 | 148 | 1738 | 15550 | -2506 | 179 | 180 | 569 |
| 19 | 1268 | 15120 | -3088 | -187 | 27 | 138 | 1610 | 15482 | -2854 | 334 | 239 | 550 |
| 20 | 1380 | 15340 | -3028 | -145 | -10 | 175 | 1678 | 15390 | -2926 | 419 | 334 | 576 |
| 21 | 1388 | 15320 | -3180 | -111 | 10 | 119 | 2078 | 15590 | 2237 | -80 | 5 | 497 |
| 22 | 1532 | 15116 | -3140 | -128 | -2 | 122 | 1838 | 15570 | -2334 | -154 | -66 | 516 |
| 23 | 1488 | 15160 | -3052 | -145 | -9 | 156 | 1886 | 15366 | -2338 | -115 | -39 | 559 |
| 24 | 1360 | 15300 | -3096 | -148 | -39 | 111 | 1762 | 15410 | -2410 | 174 | -26 | 518 |
| 25 | 1428 | 15232 | -3252 | -101 | -34 | 128 | 1966 | 15550 | -2250 | 104 | 9 | 545 |
| 26 | 1828 | 15140 | -2908 | -148 | 0 | 116 | 1894 | 15590 | -2306 | 15 | 39 | 551 |
| 27 | 1588 | 15220 | -2756 | -173 | 4 | 101 | 1894 | 16078 | -2426 | -51 | -26 | 537 |
| 28 | 1636 | 15804 | -3104 | -188 | -74 | 126 | 1798 | 16070 | -2378 | -45 | 93 | 530 |
| 29 | 1512 | 15720 | -3176 | -99 | -25 | 131 | 1822 | 16134 | -2258 | -50 | 86 | 535 |
| 30 | 1716 | 15828 | -3008 | -178 | 1 | 124 | 1518 | 16586 | -2838 | -126 | 2 | 588 |
| 31 | 1644 | 15820 | -3180 | -111 | -43 | 123 | 1630 | 16250 | -2778 | 62 | 239 | 498 |
| 32 | 1644 | 15884 | -3140 | -121 | 41 | 131 | 1638 | 16130 | -2930 | -3 | 334 | 516 |
| 33 | 1548 | 16336 | -3052 | -83 | -2 | 127 | 1782 | 15470 | -2890 | -12 | 129 | 516 |
| 34 | 1568 | 16000 | -3096 | -59 | 11 | 181 | 1818 | 16054 | -2802 | 37 | 21 | 559 |
| 35 | 2260 | 15880 | -2756 | -107 | 40 | 121 | 1250 | 16330 | -3362 | -249 | 44 | 439 |
| 36 | 4120 | 15816 | -3104 | -117 | -15 | 163 | 1522 | 16366 | -3778 | -301 | 28 | 419 |
| 37 | 6044 | 15144 | -3176 | -135 | -8 | 137 | 1434 | 16658 | -3718 | -57 | 101 | 374 |
| 38 | 8492 | 17892 | 1987 | -185 | 60 | 172 | 1490 | 15106 | -3730 | -151 | 106 | 393 |
| 39 | 9968 | 20280 | 2240 | -168 | -66 | 166 | 1254 | 16046 | -3834 | -355 | 14 | 387 |
| 40 | 6084 | 21528 | 4100 | -172 | -56 | 117 | 1242 | 16658 | -3818 | -203 | 33 | 347 |
| 41 | 184 | 19264 | 2260 | -171 | 32 | 106 | 1302 | 15106 | -2294 | -290 | 57 | 360 |
| 42 | -1048 | 18040 | -4644 | -208 | 56 | 129 | 1522 | 15106 | -3222 | -50 | -10 | 551 |
| 43 | -3616 | 17024 | -7856 | -206 | 2 | 163 | 1362 | 15942 | -3314 | -63 | -87 | 537 |
| 44 | -4832 | 16788 | -3480 | -187 | -11 | 133 | 1414 | 15710 | -3278 | -90 | -59 | 530 |
| 45 | -3424 | 14280 | -3628 | -155 | -44 | 159 | 1506 | 15678 | -3206 | -67 | -206 | 496 |
| 46 | -4956 | 2048 | -3500 | -139 | 3 | 139 | 1570 | 15750 | -3198 | -90 | -287 | 457 |
| 47 | -7092 | 15796 | -3480 | -89 | 4 | 110 | 1422 | 15914 | -3138 | -17 | 170 | 498 |
| 48 | -8336 | 16408 | -3628 | -19 | -43 | 125 | 1342 | 16058 | -3250 | 73 | 359 | 516 |
| 49 | -9396 | 14856 | -3748 | -135 | -2 | 148 | 2734 | 15806 | -3194 | -93 | 443 | 516 |
| 50 | -7944 | 14856 | -3488 | -165 | 84 | 138 | 3002 | 15782 | -3274 | -275 | 77 | 559 |
| 51 | -2592 | 15692 | -3520 | -88 | 37 | 148 | 2510 | 15970 | -2846 | -191 | 155 | 518 |
| 52 | 724 | 15460 | -3444 | -37 | -43 | 203 | 4370 | 16066 | -3002 | -88 | 263 | 545 |
| 53 | 1800 | 17052 | -3460 | -22 | -11 | 184 | 6294 | 15394 | -2658 | 34 | 328 | 551 |
| 54 | 2484 | 16660 | -3504 | -81 | -25 | 143 | 8742 | 18142 | -2506 | -10 | 202 | 537 |
| 55 | 2752 | 15532 | -3612 | -99 | 1 | 123 | 10218 | 20530 | 2490 | -42 | -275 | 530 |
| 56 | 2184 | 15620 | -3504 | -61 | 5 | 148 | 6334 | 21778 | 4350 | -80 | -359 | 535 |
| 57 | 2160 | 15428 | -3456 | -187 | 27 | 138 | 434 | 19514 | 2510 | -90 | -26 | 588 |
| 58 | 2068 | 15500 | -3400 | -145 | -10 | 175 | -798 | 18290 | -4394 | -67 | 31 | 540 |
| 59 | 2644 | 15664 | -4032 | -111 | 10 | 119 | -3366 | 17274 | -7606 | 401 | -288 | 461 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|------|------|-----|-------|-------|-------|------|------|-----|
| 60 | 2252 | 16004 | -3784 | -128 | -2 | 122 | -4582 | 17038 | -3230 | 366 | -60 | 503 |
| 61 | 1780 | 16080 | -3940 | -145 | -9 | 156 | -3174 | 14530 | -3378 | 148 | 680 | 588 |
| 62 | 1300 | 16116 | -4092 | -148 | -39 | 111 | -4706 | 2298 | -3250 | -67 | 1469 | 540 |
| 63 | 1204 | 16408 | -4084 | -101 | -34 | 128 | -6842 | 17302 | -3230 | -83 | 1531 | 569 |
| 64 | 1816 | 14856 | -4092 | -148 | 0 | 116 | -8086 | 16910 | -3378 | -38 | 648 | 550 |
| 65 | 1644 | 14856 | -4036 | -173 | 4 | 101 | -9146 | 15782 | -3498 | -91 | -250 | 576 |
| 66 | 1108 | 15692 | -4028 | -188 | -74 | 126 | -7694 | 15870 | -3238 | -152 | -521 | 585 |
| 67 | 1004 | 15460 | -3968 | -99 | -25 | 131 | -2342 | 15678 | -3270 | -108 | -177 | 555 |
| 68 | 1164 | 17052 | -3980 | -185 | 60 | 172 | 974 | 15750 | -3194 | -5 | -13 | 523 |
| 69 | 1168 | 16660 | -4084 | -168 | -66 | 166 | 2050 | 15914 | -3210 | 41 | -201 | 446 |
| 70 | 1012 | 15532 | -4068 | -172 | -56 | 117 | 1262 | 16254 | -3254 | 5 | -369 | 461 |
| 71 | 1000 | 15620 | -2544 | -171 | 32 | 106 | 2434 | 15870 | -3254 | -42 | -321 | 429 |
| 72 | 1272 | 15428 | -3472 | -208 | 56 | 129 | 2410 | 15678 | -3206 | -31 | -225 | 497 |
| 73 | 1184 | 15500 | -3564 | -206 | 2 | 163 | 2318 | 15750 | -3150 | 71 | 50 | 530 |
| 74 | 1240 | 15664 | -3528 | -187 | -11 | 133 | 2894 | 15914 | -3782 | 73 | -5 | 496 |
| 75 | 1004 | 15808 | -3456 | -155 | -44 | 159 | 2502 | 16254 | -3534 | -93 | -443 | 457 |
| 76 | 992 | 15556 | -3448 | -139 | 3 | 139 | 2030 | 15106 | -3690 | -275 | -571 | 498 |
| 77 | 1052 | 15532 | -3388 | -140 | -103 | 142 | 1550 | 15942 | -3842 | -191 | -332 | 516 |
| 78 | 1272 | 15620 | -3500 | -51 | 83 | 87 | 1454 | 15710 | -3834 | -88 | -245 | 516 |
| 79 | 1112 | 15428 | -3444 | -147 | 71 | 147 | 2066 | 17302 | -3842 | 34 | -230 | 559 |
| 80 | 1164 | 15500 | -3524 | -78 | -11 | 170 | 1894 | 16910 | -3786 | -10 | -224 | 518 |
| 81 | 1256 | 15664 | -3472 | -111 | 32 | 164 | 1358 | 15782 | -2354 | -116 | -382 | 545 |
| 82 | 1320 | 16004 | -3492 | -35 | -75 | 138 | 1254 | 15870 | 2490 | -414 | -168 | 551 |
| 83 | 1172 | 16080 | -3524 | -83 | -65 | 14 | 1414 | 16134 | 4350 | -715 | 37 | 537 |
| 84 | 1092 | 16116 | -3496 | -90 | 11 | 81 | 1418 | 15702 | 2510 | -793 | 192 | 530 |
| 85 | 1076 | 16048 | -2604 | -131 | -84 | 130 | 1326 | 15902 | -4394 | -661 | 85 | 535 |
| 86 | 1296 | 16140 | 2240 | -206 | 2 | 163 | 1546 | 16110 | -7606 | -401 | 95 | 588 |
| 87 | 1272 | 15776 | 4100 | -187 | -11 | 133 | 1522 | 16058 | -3230 | -211 | 143 | 540 |
| 88 | 1088 | 15852 | 2260 | -155 | -44 | 159 | 1338 | 21142 | -3378 | -119 | 81 | 504 |
| 89 | 1272 | 15884 | -4644 | -139 | 3 | 139 | 1522 | 22530 | -3250 | -105 | 30 | 469 |
| 90 | 1800 | 15452 | -7856 | -140 | -103 | 142 | 2050 | 21778 | -3222 | -22 | 42 | 439 |
| 91 | 1568 | 15652 | -3480 | -51 | 83 | 87 | 1818 | 13210 | -3242 | 176 | -7 | 419 |
| 92 | 2260 | 15860 | -3628 | -147 | 71 | 147 | 2510 | 12654 | -3274 | 294 | -31 | 374 |
| 93 | 4120 | 15808 | -3500 | -78 | -11 | 170 | 4370 | 16330 | -3246 | 336 | 171 | 393 |
| 94 | 6044 | 20892 | -3480 | -111 | 32 | 164 | 6294 | 16366 | -2426 | -58 | 272 | 498 |
| 95 | 6492 | 22280 | -3456 | -168 | -66 | 166 | 6742 | 16298 | -2378 | -126 | 118 | 516 |
| 96 | 8268 | 21528 | -3448 | -172 | -56 | 117 | 8518 | 16390 | -2258 | -177 | 29 | 540 |
| 97 | 9084 | 12960 | -3388 | -171 | 32 | 106 | 2054 | 15570 | -2890 | -191 | -18 | 555 |
| 98 | 10724 | 12404 | -3500 | -208 | 56 | 129 | 2122 | 15366 | -2802 | 128 | 80 | 387 |
| 99 | 6492 | 7628 | -3648 | -206 | 2 | 163 | 2174 | 15410 | -2846 | 86 | -48 | 540 |
| 100 | 6968 | 4568 | -3520 | -187 | -11 | 133 | 1738 | 15550 | -2506 | 179 | 180 | 569 |
| 101 | 6084 | 12020 | -3368 | -155 | -44 | 159 | 1610 | 15482 | -2854 | 334 | 239 | 550 |
| 102 | 1568 | 12196 | -3460 | -139 | 3 | 139 | 1678 | 15390 | -2926 | 419 | 334 | 576 |
| 103 | 2260 | 15264 | -3436 | -185 | 60 | 172 | 2078 | 15590 | 2237 | -80 | 5 | 497 |
| 104 | 4120 | 15784 | -3460 | -168 | -66 | 166 | 1838 | 15570 | -2334 | -154 | -66 | 516 |
| 105 | -2640 | 16084 | -3516 | -172 | -56 | 117 | 1886 | 15366 | -2338 | -115 | -39 | 559 |
| 106 | -3036 | 16208 | -2676 | -171 | 32 | 106 | 1762 | 15410 | -2410 | 174 | -26 | 518 |
| 107 | -4104 | 15920 | -2628 | -208 | 56 | 129 | 1966 | 15550 | -2250 | 104 | 9 | 545 |
| 108 | -2836 | 16648 | -2508 | -206 | 2 | 163 | 1894 | 15590 | -2306 | 15 | 39 | 551 |
| 109 | -7080 | 15852 | -2728 | -187 | -11 | 133 | 1894 | 16078 | -2426 | -51 | -26 | 537 |
| 110 | -9452 | 15588 | -2500 | -155 | -44 | 159 | 1798 | 16070 | -2378 | -45 | 93 | 530 |
| 111 | -7944 | 15688 | -2404 | -139 | 3 | 139 | 1822 | 16134 | -2258 | -50 | 86 | 535 |
| 112 | -2592 | 15840 | -2700 | -206 | 2 | 163 | 1518 | 16586 | -2838 | -126 | 2 | 588 |
| 113 | 724 | 15236 | -2768 | -187 | -11 | 133 | 1630 | 16250 | -2778 | 62 | 239 | 498 |
| 114 | 1800 | 15272 | -2784 | -155 | -44 | 159 | 1638 | 16130 | -2930 | -3 | 334 | 516 |
| 115 | 2484 | 15196 | -2580 | -139 | 3 | 139 | 1782 | 15470 | -2890 | -12 | 129 | 516 |
| 116 | 2752 | 15120 | -2708 | -185 | 60 | 172 | 1818 | 16054 | -2802 | 37 | 21 | 559 |
| 117 | 2184 | 15144 | -2788 | -168 | -66 | 166 | 2410 | 15938 | -2538 | 162 | 21 | 530 |
| 118 | 2160 | 15688 | -2728 | -172 | -56 | 117 | 2050 | 16090 | -2478 | 483 | 196 | 535 |
| 119 | 2068 | 15840 | -3088 | -171 | 32 | 106 | 2734 | 15486 | -2838 | 634 | 238 | 382 |
| 120 | 2644 | 15948 | -3028 | -208 | 56 | 129 | 3002 | 15522 | -2778 | 509 | -111 | 376 |

PERBANDINGAN DATA

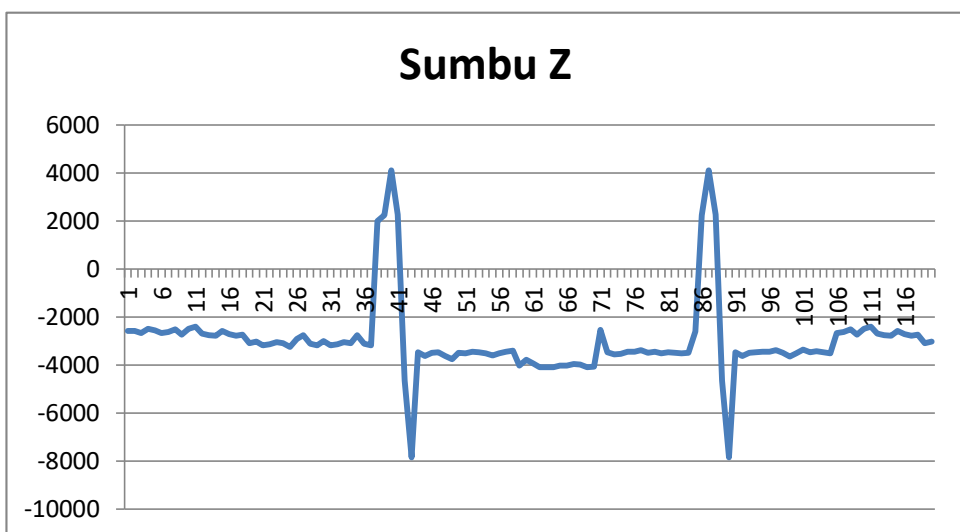
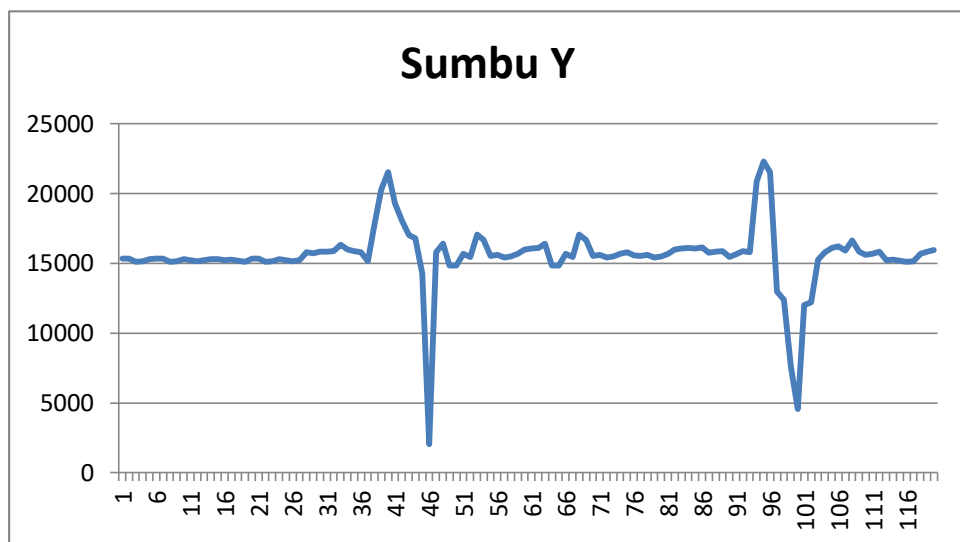
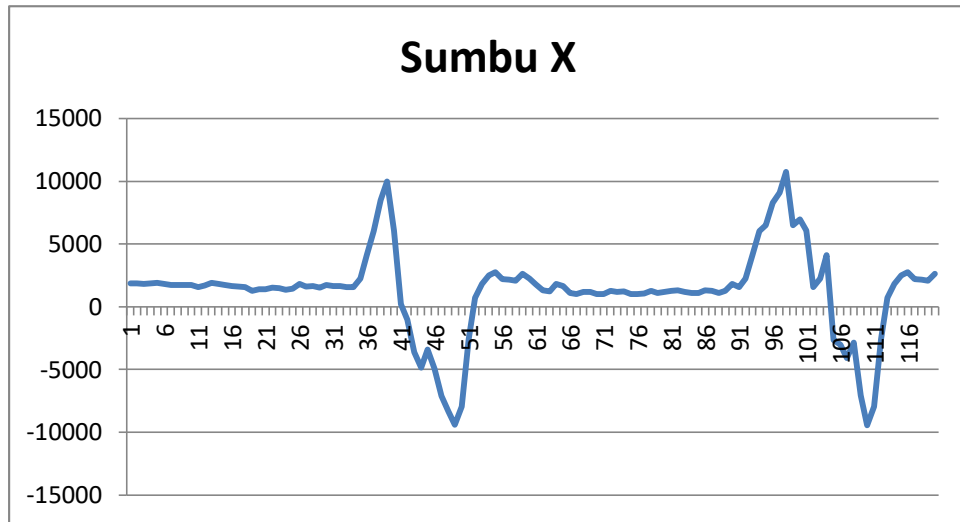
Data /1000

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|--------|--------|-----------|--------|-------|---------------|--------|--------|-----------|--------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1.856 | 15.34 | -2.584 | -0.176 | -0.013 | 0.16 | 2.066 | 15.57 | -2.478 | 0.162 | -0.245 | 0.364 |
| 2 | 1.844 | 15.32 | -2.588 | -0.142 | 0.032 | 0.138 | 1.978 | 15.366 | -2.25 | -0.149 | -0.207 | 0.373 |
| 3 | 1.804 | 15.116 | -2.66 | -0.14 | -0.065 | 0.142 | 1.998 | 15.41 | -2.154 | -0.196 | 0.808 | 0.39 |
| 4 | 1.872 | 15.16 | -2.5 | -0.131 | 0.083 | 0.138 | 2.002 | 15.55 | -2.45 | -0.076 | 0.16 | 0.403 |
| 5 | 1.924 | 15.3 | -2.556 | -0.147 | 0.071 | 0.147 | 1.974 | 15.482 | -2.518 | 0.098 | -0.068 | 0.395 |
| 6 | 1.816 | 15.34 | -2.676 | -0.078 | -0.011 | 0.17 | 1.81 | 15.39 | -2.534 | 0.022 | 0.24 | 0.365 |
| 7 | 1.728 | 15.32 | -2.628 | -0.111 | 0.032 | 0.164 | 1.954 | 15.47 | -2.33 | 0.008 | 0.193 | 0.371 |
| 8 | 1.748 | 15.116 | -2.508 | -0.131 | -0.075 | 0.138 | 2.174 | 15.558 | -2.458 | 0.201 | 0.096 | 0.339 |
| 9 | 1.752 | 15.16 | -2.728 | -0.083 | -0.065 | 0.138 | 2.066 | 15.542 | -2.538 | 0.342 | -0.03 | 0.433 |
| 10 | 1.724 | 15.3 | -2.5 | -0.09 | 0.011 | 0.148 | 1.978 | 15.486 | -2.478 | -0.09 | -0.307 | 0.504 |
| 11 | 1.56 | 15.232 | -2.404 | -0.131 | -0.084 | 0.13 | 1.91 | 15.522 | -2.854 | -0.017 | -0.54 | 0.569 |
| 12 | 1.704 | 15.14 | -2.7 | -0.145 | 0.084 | 0.138 | 1.858 | 15.446 | -2.926 | 0.073 | -0.626 | 0.55 |
| 13 | 1.924 | 15.22 | -2.768 | -0.088 | 0.037 | 0.148 | 2.106 | 15.37 | -2.758 | -0.093 | -1.033 | 0.576 |
| 14 | 1.816 | 15.308 | -2.784 | -0.037 | -0.011 | 0.203 | 2.094 | 15.59 | -2.93 | -0.275 | -0.807 | 0.585 |
| 15 | 1.728 | 15.292 | -2.58 | -0.088 | -0.011 | 0.184 | 2.054 | 15.57 | -2.89 | -0.191 | -0.018 | 0.555 |
| 16 | 1.66 | 15.236 | -2.708 | -0.081 | -0.025 | 0.143 | 2.122 | 15.366 | -2.802 | 0.128 | 0.08 | 0.387 |
| 17 | 1.608 | 15.272 | -2.788 | -0.099 | 0.001 | 0.123 | 2.174 | 15.41 | -2.846 | 0.086 | -0.048 | 0.54 |
| 18 | 1.572 | 15.196 | -2.728 | -0.061 | 0.005 | 0.148 | 1.738 | 15.55 | -2.506 | 0.179 | 0.18 | 0.569 |
| 19 | 1.268 | 15.12 | -3.088 | -0.187 | 0.027 | 0.138 | 1.61 | 15.482 | -2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.55 |
| 20 | 1.38 | 15.34 | -3.028 | -0.145 | -0.01 | 0.175 | 1.678 | 15.39 | -2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 21 | 1.388 | 15.32 | -3.18 | -0.111 | 0.01 | 0.119 | 2.078 | 15.59 | 2.237 | -0.08 | 0.005 | 0.497 |
| 22 | 1.532 | 15.116 | -3.14 | -0.128 | -0.002 | 0.122 | 1.838 | 15.57 | -2.334 | -0.154 | -0.066 | 0.516 |
| 23 | 1.488 | 15.16 | -3.052 | -0.145 | -0.009 | 0.156 | 1.886 | 15.366 | -2.338 | -0.115 | -0.039 | 0.559 |
| 24 | 1.36 | 15.3 | -3.096 | -0.148 | -0.039 | 0.111 | 1.762 | 15.41 | -2.41 | 0.174 | -0.026 | 0.518 |
| 25 | 1.428 | 15.232 | -3.252 | -0.101 | -0.034 | 0.128 | 1.966 | 15.55 | -2.25 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 26 | 1.828 | 15.14 | -2.908 | -0.148 | 0 | 0.116 | 1.894 | 15.59 | -2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 27 | 1.588 | 15.22 | -2.756 | -0.173 | 0.004 | 0.101 | 1.894 | 16.078 | -2.426 | -0.051 | -0.026 | 0.537 |
| 28 | 1.636 | 15.804 | -3.104 | -0.188 | -0.074 | 0.126 | 1.798 | 16.07 | -2.378 | -0.045 | 0.093 | 0.53 |
| 29 | 1.512 | 15.72 | -3.176 | -0.099 | -0.025 | 0.131 | 1.822 | 16.134 | -2.258 | -0.05 | 0.086 | 0.535 |
| 30 | 1.716 | 15.828 | -3.008 | -0.178 | 0.001 | 0.124 | 1.518 | 16.586 | -2.838 | -0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 31 | 1.644 | 15.82 | -3.18 | -0.111 | -0.043 | 0.123 | 1.63 | 16.25 | -2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 32 | 1.644 | 15.884 | -3.14 | -0.121 | 0.041 | 0.131 | 1.638 | 16.13 | -2.93 | -0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 33 | 1.548 | 16.336 | -3.052 | -0.083 | -0.002 | 0.127 | 1.782 | 15.47 | -2.89 | -0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 34 | 1.568 | 16 | -3.096 | -0.059 | 0.011 | 0.181 | 1.818 | 16.054 | -2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 35 | 2.26 | 15.88 | -2.756 | -0.107 | 0.04 | 0.121 | 1.25 | 16.33 | -3.362 | -0.249 | 0.044 | 0.439 |
| 36 | 4.12 | 15.816 | -3.104 | -0.117 | -0.015 | 0.163 | 1.522 | 16.366 | -3.778 | -0.301 | 0.028 | 0.419 |
| 37 | 6.044 | 15.144 | -3.176 | -0.135 | -0.008 | 0.137 | 1.434 | 16.658 | -3.718 | -0.057 | 0.101 | 0.374 |
| 38 | 8.492 | 17.892 | 1.987 | -0.185 | 0.06 | 0.172 | 1.49 | 15.106 | -3.73 | -0.151 | 0.106 | 0.393 |
| 39 | 9.968 | 20.28 | 2.24 | -0.168 | -0.066 | 0.166 | 1.254 | 16.046 | -3.834 | -0.355 | 0.014 | 0.387 |
| 40 | 6.084 | 21.528 | 4.1 | -0.172 | -0.056 | 0.117 | 1.242 | 16.658 | -3.818 | -0.203 | 0.033 | 0.347 |
| 41 | 0.184 | 19.264 | 2.26 | -0.171 | 0.032 | 0.106 | 1.302 | 15.106 | -2.294 | -0.29 | 0.057 | 0.36 |
| 42 | -1.048 | 18.04 | -4.644 | -0.208 | 0.056 | 0.129 | 1.522 | 15.106 | -3.222 | -0.05 | -0.01 | 0.551 |
| 43 | -3.616 | 17.024 | -7.856 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 1.362 | 15.942 | -3.314 | -0.063 | -0.087 | 0.537 |
| 44 | -4.832 | 16.788 | -3.48 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 1.414 | 15.71 | -3.278 | -0.09 | -0.059 | 0.53 |
| 45 | -3.424 | 14.28 | -3.628 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 1.506 | 15.678 | -3.206 | -0.067 | -0.206 | 0.496 |
| 46 | -4.956 | 2.048 | -3.5 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 1.57 | 15.75 | -3.198 | -0.09 | -0.287 | 0.457 |
| 47 | -7.092 | 15.796 | -3.48 | -0.089 | 0.004 | 0.11 | 1.422 | 15.914 | -3.138 | -0.017 | 0.17 | 0.498 |
| 48 | -8.336 | 16.408 | -3.628 | -0.019 | -0.043 | 0.125 | 1.342 | 16.058 | -3.25 | 0.073 | 0.359 | 0.516 |
| 49 | -9.396 | 14.856 | -3.748 | -0.135 | -0.002 | 0.148 | 2.734 | 15.806 | -3.194 | -0.093 | 0.443 | 0.516 |
| 50 | -7.944 | 14.856 | -3.488 | -0.165 | 0.084 | 0.138 | 3.002 | 15.782 | -3.274 | -0.275 | 0.077 | 0.559 |
| 51 | -2.592 | 15.692 | -3.52 | -0.088 | 0.037 | 0.148 | 2.51 | 15.97 | -2.846 | -0.191 | 0.155 | 0.518 |
| 52 | 0.724 | 15.46 | -3.444 | -0.037 | -0.043 | 0.203 | 4.37 | 16.066 | -3.002 | -0.088 | 0.263 | 0.545 |
| 53 | 1.8 | 17.052 | -3.46 | -0.022 | -0.011 | 0.184 | 6.294 | 15.394 | -2.658 | 0.034 | 0.328 | 0.551 |
| 54 | 2.484 | 16.66 | -3.504 | -0.081 | -0.025 | 0.143 | 8.742 | 18.142 | -2.506 | -0.01 | 0.202 | 0.537 |
| 55 | 2.752 | 15.532 | -3.612 | -0.099 | 0.001 | 0.123 | 10.218 | 20.53 | 2.49 | -0.042 | -0.275 | 0.53 |
| 56 | 2.184 | 15.62 | -3.504 | -0.061 | 0.005 | 0.148 | 6.334 | 21.778 | 4.35 | -0.08 | -0.359 | 0.535 |
| 57 | 2.16 | 15.428 | -3.456 | -0.187 | 0.027 | 0.138 | 0.434 | 19.514 | 2.51 | -0.09 | -0.026 | 0.588 |
| 58 | 2.068 | 15.5 | -3.4 | -0.145 | -0.01 | 0.175 | -0.798 | 18.29 | -4.394 | -0.067 | 0.031 | 0.54 |
| 59 | 2.644 | 15.664 | -4.032 | -0.111 | 0.01 | 0.119 | -3.366 | 17.274 | -7.606 | 0.401 | -0.288 | 0.461 |
| 60 | 2.252 | 16.004 | -3.784 | -0.128 | -0.002 | 0.122 | -4.582 | 17.038 | -3.23 | 0.366 | -0.06 | 0.503 |
| 61 | 1.78 | 16.08 | -3.94 | -0.145 | -0.009 | 0.156 | -3.174 | 14.53 | -3.378 | 0.148 | 0.68 | 0.588 |
| 62 | 1.3 | 16.116 | -4.092 | -0.148 | -0.039 | 0.111 | -4.706 | 2.298 | -3.25 | -0.067 | 1.469 | 0.54 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 63 | 1.204 | 16.408 | -4.084 | -0.101 | -0.034 | 0.128 | -6.842 | 17.302 | -3.23 | -0.083 | 1.531 | 0.569 |
| 64 | 1.816 | 14.856 | -4.092 | -0.148 | 0 | 0.116 | -8.086 | 16.91 | -3.378 | -0.038 | 0.648 | 0.55 |
| 65 | 1.644 | 14.856 | -4.036 | -0.173 | 0.004 | 0.101 | -9.146 | 15.782 | -3.498 | -0.091 | -0.25 | 0.576 |
| 66 | 1.108 | 15.692 | -4.028 | -0.188 | -0.074 | 0.126 | -7.694 | 15.87 | -3.238 | -0.152 | -0.521 | 0.585 |
| 67 | 1.004 | 15.46 | -3.968 | -0.099 | -0.025 | 0.131 | -2.342 | 15.678 | -3.27 | -0.108 | -0.177 | 0.555 |
| 68 | 1.164 | 17.052 | -3.98 | -0.185 | 0.06 | 0.172 | 0.974 | 15.75 | -3.194 | -0.005 | -0.013 | 0.523 |
| 69 | 1.168 | 16.66 | -4.084 | -0.168 | -0.066 | 0.166 | 2.05 | 15.914 | -3.21 | 0.041 | -0.201 | 0.446 |
| 70 | 1.012 | 15.532 | -4.068 | -0.172 | -0.056 | 0.117 | 1.262 | 16.254 | -3.254 | 0.005 | -0.369 | 0.461 |
| 71 | 1 | 15.62 | -2.544 | -0.171 | 0.032 | 0.106 | 2.434 | 15.87 | -3.254 | -0.042 | -0.321 | 0.429 |
| 72 | 1.272 | 15.428 | -3.472 | -0.208 | 0.056 | 0.129 | 2.41 | 15.678 | -3.206 | -0.031 | -0.225 | 0.497 |
| 73 | 1.184 | 15.5 | -3.564 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 2.318 | 15.75 | -3.15 | 0.071 | 0.05 | 0.53 |
| 74 | 1.24 | 15.664 | -3.528 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 2.894 | 15.914 | -3.782 | 0.073 | -0.005 | 0.496 |
| 75 | 1.004 | 15.808 | -3.456 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 2.502 | 16.254 | -3.534 | -0.093 | -0.443 | 0.457 |
| 76 | 0.992 | 15.556 | -3.448 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 2.03 | 15.106 | -3.69 | -0.275 | -0.571 | 0.498 |
| 77 | 1.052 | 15.532 | -3.388 | -0.14 | -0.103 | 0.142 | 1.55 | 15.942 | -3.842 | -0.191 | -0.332 | 0.516 |
| 78 | 1.272 | 15.62 | -3.5 | -0.051 | 0.083 | 0.087 | 1.454 | 15.71 | -3.834 | -0.088 | -0.245 | 0.516 |
| 79 | 1.112 | 15.428 | -3.444 | -0.147 | 0.071 | 0.147 | 2.066 | 17.302 | -3.842 | 0.034 | -0.23 | 0.559 |
| 80 | 1.164 | 15.5 | -3.524 | -0.078 | -0.011 | 0.17 | 1.894 | 16.91 | -3.786 | -0.01 | -0.224 | 0.518 |
| 81 | 1.256 | 15.664 | -3.472 | -0.111 | 0.032 | 0.164 | 1.358 | 15.782 | -2.354 | -0.116 | -0.382 | 0.545 |
| 82 | 1.32 | 16.004 | -3.492 | -0.035 | -0.075 | 0.138 | 1.254 | 15.87 | 2.49 | -0.414 | -0.168 | 0.551 |
| 83 | 1.172 | 16.08 | -3.524 | -0.083 | -0.065 | 0.014 | 1.414 | 16.134 | 4.35 | -0.715 | 0.037 | 0.537 |
| 84 | 1.092 | 16.116 | -3.496 | -0.09 | 0.011 | 0.081 | 1.418 | 15.702 | 2.51 | -0.793 | 0.192 | 0.53 |
| 85 | 1.076 | 16.048 | -2.604 | -0.131 | -0.084 | 0.13 | 1.326 | 15.902 | -4.394 | -0.661 | 0.085 | 0.535 |
| 86 | 1.296 | 16.14 | 2.24 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 1.546 | 16.11 | -7.606 | -0.401 | 0.095 | 0.588 |
| 87 | 1.272 | 15.776 | 4.1 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 1.522 | 16.058 | -3.23 | -0.211 | 0.143 | 0.54 |
| 88 | 1.088 | 15.852 | 2.26 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 1.338 | 21.142 | -3.378 | -0.119 | 0.081 | 0.504 |
| 89 | 1.272 | 15.884 | -4.644 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 1.522 | 22.53 | -3.25 | -0.105 | 0.03 | 0.469 |
| 90 | 1.8 | 15.452 | -7.856 | -0.14 | -0.103 | 0.142 | 2.05 | 21.778 | -3.222 | -0.022 | 0.042 | 0.439 |
| 91 | 1.568 | 15.652 | -3.48 | -0.051 | 0.083 | 0.087 | 1.818 | 13.21 | -3.242 | 0.176 | -0.007 | 0.419 |
| 92 | 2.26 | 15.86 | -3.628 | -0.147 | 0.071 | 0.147 | 2.51 | 12.654 | -3.274 | 0.294 | -0.031 | 0.374 |
| 93 | 4.12 | 15.808 | -3.5 | -0.078 | -0.011 | 0.17 | 4.37 | 16.33 | -3.246 | 0.336 | 0.171 | 0.393 |
| 94 | 6.044 | 20.892 | -3.48 | -0.111 | 0.032 | 0.164 | 6.294 | 16.366 | -2.426 | -0.058 | 0.272 | 0.498 |
| 95 | 6.492 | 22.28 | -3.456 | -0.168 | -0.066 | 0.166 | 6.742 | 16.298 | -2.378 | -0.126 | 0.118 | 0.516 |
| 96 | 8.268 | 21.528 | -3.448 | -0.172 | -0.056 | 0.117 | 8.518 | 16.39 | -2.258 | -0.177 | 0.029 | 0.54 |
| 97 | 9.084 | 12.96 | -3.388 | -0.171 | 0.032 | 0.106 | 2.054 | 15.57 | -2.89 | -0.191 | -0.018 | 0.555 |
| 98 | 10.724 | 12.404 | -3.5 | -0.208 | 0.056 | 0.129 | 2.122 | 15.366 | -2.802 | 0.128 | 0.08 | 0.387 |
| 99 | 6.492 | 7.628 | -3.648 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 2.174 | 15.41 | -2.846 | 0.086 | -0.048 | 0.54 |
| 100 | 6.968 | 4.568 | -3.52 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 1.738 | 15.55 | -2.506 | 0.179 | 0.18 | 0.569 |
| 101 | 6.084 | 12.02 | -3.368 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 1.61 | 15.482 | -2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.55 |
| 102 | 1.568 | 12.196 | -3.46 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 1.678 | 15.39 | -2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 103 | 2.26 | 15.264 | -3.436 | -0.185 | 0.06 | 0.172 | 2.078 | 15.59 | 2.237 | -0.08 | 0.005 | 0.497 |
| 104 | 4.12 | 15.784 | -3.46 | -0.168 | -0.066 | 0.166 | 1.838 | 15.57 | -2.334 | -0.154 | -0.066 | 0.516 |
| 105 | -2.64 | 16.084 | -3.516 | -0.172 | -0.056 | 0.117 | 1.886 | 15.366 | -2.338 | -0.115 | -0.039 | 0.559 |
| 106 | -3.036 | 16.208 | -2.676 | -0.171 | 0.032 | 0.106 | 1.762 | 15.41 | -2.41 | 0.174 | -0.026 | 0.518 |
| 107 | -4.104 | 15.92 | -2.628 | -0.208 | 0.056 | 0.129 | 1.966 | 15.55 | -2.25 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 108 | -2.836 | 16.648 | -2.508 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 1.894 | 15.59 | -2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 109 | -7.08 | 15.852 | -2.728 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 1.894 | 16.078 | -2.426 | -0.051 | -0.026 | 0.537 |
| 110 | -9.452 | 15.588 | -2.5 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 1.798 | 16.07 | -2.378 | -0.045 | 0.093 | 0.53 |
| 111 | -7.944 | 15.688 | -2.404 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 1.822 | 16.134 | -2.258 | -0.05 | 0.086 | 0.535 |
| 112 | -2.592 | 15.84 | -2.7 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 1.518 | 16.586 | -2.838 | -0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 113 | 0.724 | 15.236 | -2.768 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 1.63 | 16.25 | -2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 114 | 1.8 | 15.272 | -2.784 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 1.638 | 16.13 | -2.93 | -0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 115 | 2.484 | 15.196 | -2.58 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 1.782 | 15.47 | -2.89 | -0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 116 | 2.752 | 15.12 | -2.708 | -0.185 | 0.06 | 0.172 | 1.818 | 16.054 | -2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 117 | 2.184 | 15.144 | -2.788 | -0.168 | -0.066 | 0.166 | 2.41 | 15.938 | -2.538 | 0.162 | 0.021 | 0.53 |
| 118 | 2.16 | 15.688 | -2.728 | -0.172 | -0.056 | 0.117 | 2.05 | 16.09 | -2.478 | 0.483 | 0.196 | 0.535 |
| 119 | 2.068 | 15.84 | -3.088 | -0.171 | 0.032 | 0.106 | 2.734 | 15.486 | -2.838 | 0.634 | 0.238 | 0.382 |
| 120 | 2.644 | 15.948 | -3.028 | -0.208 | 0.056 | 0.129 | 3.002 | 15.522 | -2.778 | 0.509 | -0.111 | 0.376 |

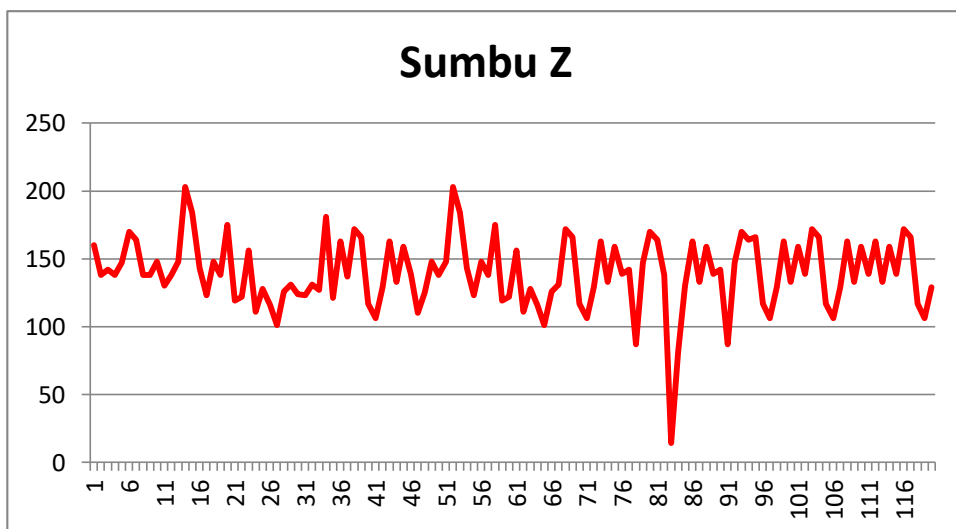
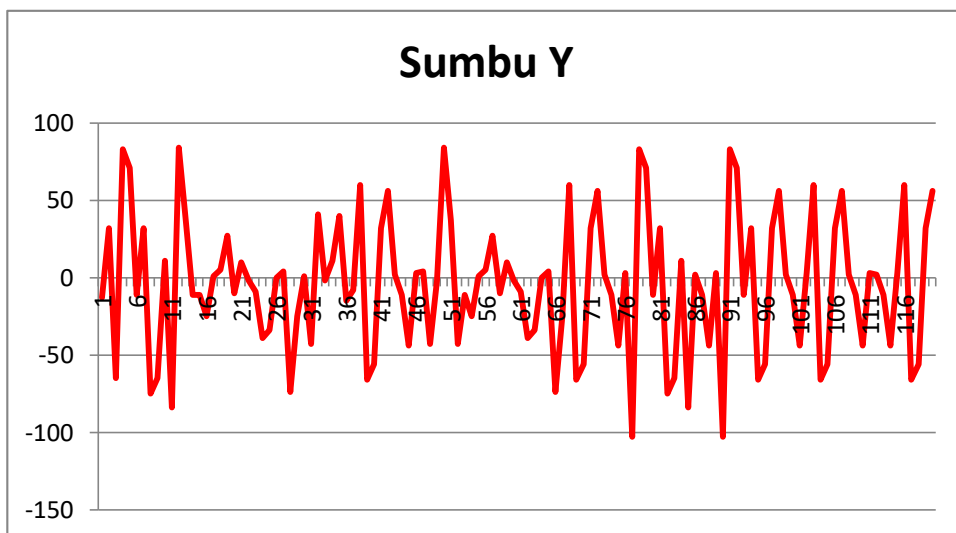
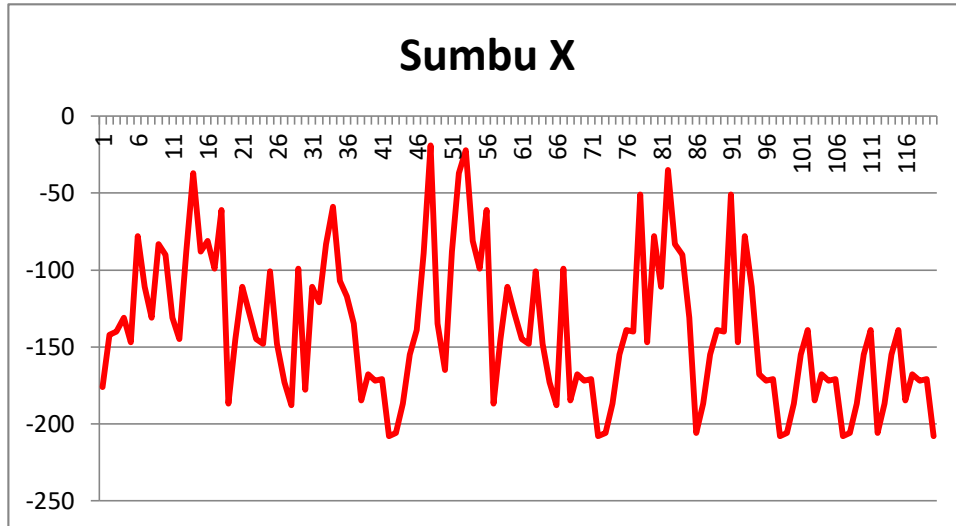
DATA SIMULASI BENAR 1

ACCELEROMETER



DATA SIMULASI BENAR 1

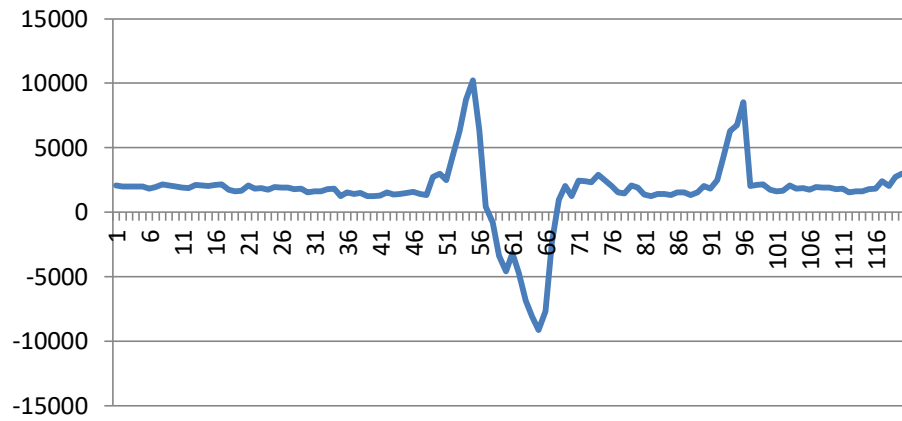
GYROSCOPE



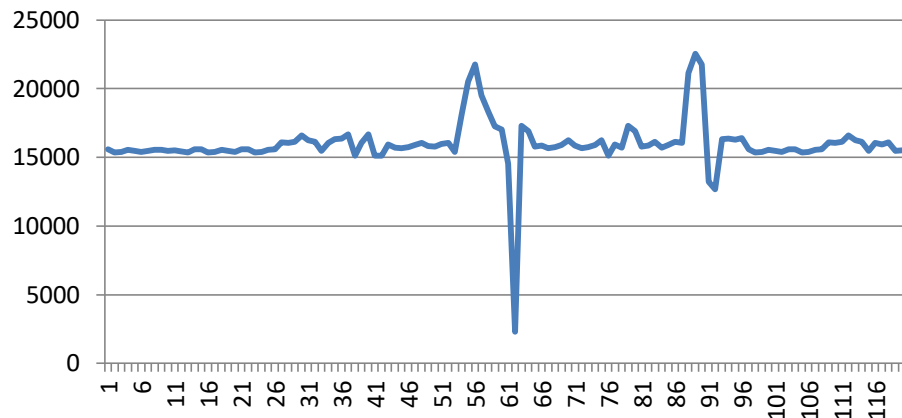
DATA SIMULASI BENAR 2

ACCELEROMETER

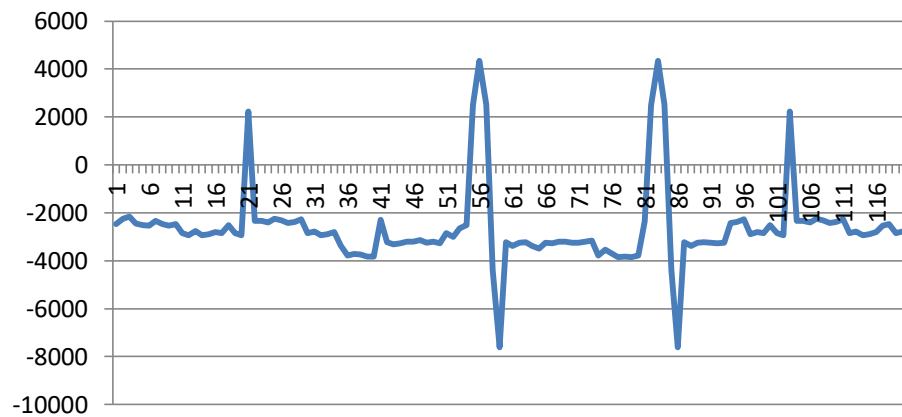
Sumbu X



Sumbu Y



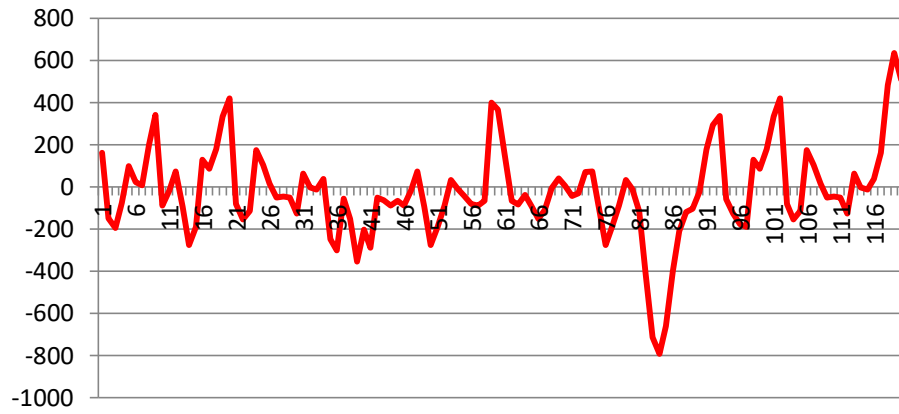
Sumbu Z



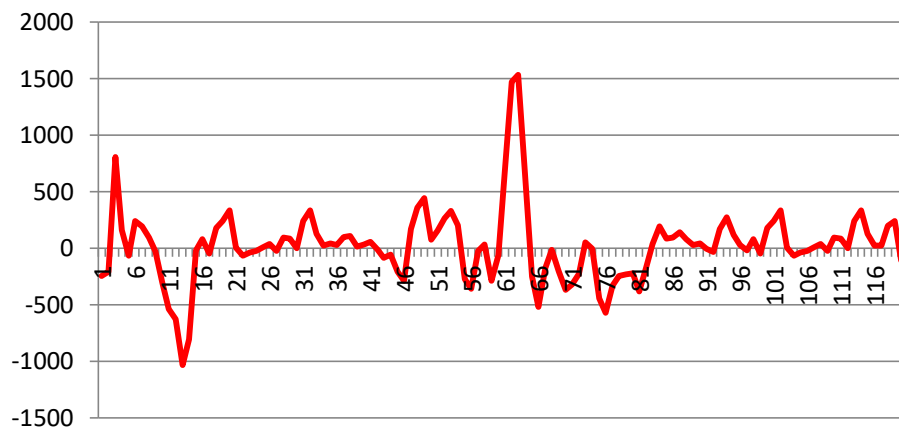
DATA SIMULASI BENAR 2

GYROSCOPE

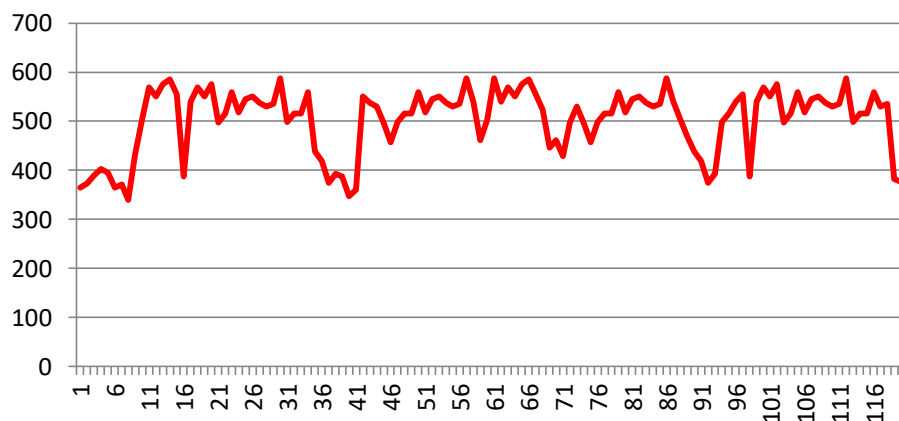
Sumbu X



Sumbu Y



Sumbu Z



| No. | ERROR | | | | | | ERROR KUADRAT | | | | | |
|-----|---------------|--------|--------|-----------|--------|--------|---------------|---------|--------|-----------|-------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | -0.21 | -0.23 | -0.106 | -0.338 | 0.232 | -0.204 | 0.044 | 0.053 | 0.011 | 0.023 | 0.188 | 0.007 |
| 2 | -0.134 | -0.046 | -0.338 | 0.007 | 0.239 | -0.235 | 0.018 | 0.002 | 0.114 | 0.009 | 0.241 | 0.009 |
| 3 | -0.194 | -0.294 | -0.506 | 0.056 | -0.873 | -0.248 | 0.038 | 0.086 | 0.256 | 0.018 | 0.531 | 0.006 |
| 4 | -0.13 | -0.39 | -0.05 | -0.055 | -0.077 | -0.265 | 0.017 | 0.152 | 0.002 | 0.004 | 0.036 | 0.011 |
| 5 | -0.05 | -0.182 | -0.038 | -0.245 | 0.139 | -0.248 | 0.003 | 0.033 | 0.001 | 0.008 | 0.046 | 0.005 |
| 6 | 0.006 | -0.05 | -0.142 | -0.1 | -0.251 | -0.195 | 0.000 | 0.003 | 0.020 | 0.020 | 0.003 | 0.017 |
| 7 | -0.226 | -0.15 | -0.298 | -0.119 | -0.161 | -0.207 | 0.051 | 0.023 | 0.089 | 0.014 | 0.008 | 0.017 |
| 8 | -0.426 | -0.442 | -0.05 | -0.332 | -0.171 | -0.201 | 0.181 | 0.195 | 0.002 | 0.057 | 0.000 | 0.022 |
| 9 | -0.314 | -0.382 | -0.19 | -0.425 | -0.035 | -0.295 | 0.099 | 0.146 | 0.036 | 0.053 | 0.000 | 0.002 |
| 10 | -0.254 | -0.186 | -0.022 | 0 | 0.318 | -0.356 | 0.065 | 0.035 | 0.000 | 0.274 | 0.205 | 0.000 |
| 11 | -0.35 | -0.29 | 0.45 | -0.114 | 0.456 | -0.439 | 0.123 | 0.084 | 0.203 | 0.361 | 0.530 | 0.056 |
| 12 | -0.154 | -0.306 | 0.226 | -0.218 | 0.71 | -0.412 | 0.024 | 0.094 | 0.051 | 0.149 | 0.216 | 0.050 |
| 13 | -0.182 | -0.15 | -0.01 | 0.005 | 1.07 | -0.428 | 0.033 | 0.022 | 0.000 | 0.042 | 0.545 | 0.069 |
| 14 | -0.278 | -0.282 | 0.146 | 0.238 | 0.796 | -0.382 | 0.077 | 0.080 | 0.021 | 0.006 | 0.303 | 0.069 |
| 15 | -0.326 | -0.278 | 0.31 | 0.103 | 0.007 | -0.371 | 0.106 | 0.077 | 0.096 | 0.003 | 0.602 | 0.046 |
| 16 | -0.462 | -0.13 | 0.094 | -0.209 | -0.105 | -0.244 | 0.213 | 0.017 | 0.009 | 0.065 | 0.001 | 0.001 |
| 17 | -0.566 | -0.138 | 0.058 | -0.185 | 0.049 | -0.417 | 0.320 | 0.019 | 0.003 | 0.001 | 0.005 | 0.038 |
| 18 | -0.166 | -0.354 | -0.222 | -0.24 | -0.175 | -0.421 | 0.028 | 0.125 | 0.049 | 0.043 | 0.000 | 0.065 |
| 19 | -0.342 | -0.362 | -0.234 | -0.521 | -0.212 | -0.412 | 0.117 | 0.131 | 0.055 | 0.141 | 0.009 | 0.052 |
| 20 | -0.298 | -0.05 | -0.102 | -0.564 | -0.344 | -0.401 | 0.089 | 0.003 | 0.010 | 0.072 | 0.083 | 0.082 |
| 21 | -0.69 | -0.27 | -5.417 | -0.031 | 0.005 | -0.378 | 0.476 | 0.073 | 29.344 | 0.138 | 0.007 | 0.013 |
| 22 | -0.306 | -0.454 | -0.806 | 0.026 | 0.064 | -0.394 | 0.094 | 0.206 | 0.650 | 0.255 | 0.074 | 0.011 |
| 23 | -0.398 | -0.206 | -0.714 | -0.03 | 0.03 | -0.403 | 0.158 | 0.042 | 0.510 | 0.186 | 0.005 | 0.011 |
| 24 | -0.402 | -0.11 | -0.686 | -0.322 | -0.013 | -0.407 | 0.162 | 0.012 | 0.471 | 0.006 | 0.430 | 0.000 |
| 25 | -0.538 | -0.318 | -1.002 | -0.205 | -0.043 | -0.417 | 0.289 | 0.101 | 1.004 | 0.049 | 1.988 | 0.003 |
| 26 | -0.066 | -0.45 | -0.602 | -0.163 | -0.039 | -0.435 | 0.004 | 0.202 | 0.362 | 0.022 | 2.079 | 0.001 |
| 27 | -0.306 | -0.858 | -0.33 | -0.122 | 0.03 | -0.436 | 0.094 | 0.736 | 0.109 | 0.001 | 0.389 | 0.001 |
| 28 | -0.162 | -0.266 | -0.726 | -0.143 | -0.167 | -0.404 | 0.026 | 0.071 | 0.527 | 0.009 | 0.154 | 0.000 |
| 29 | -0.31 | -0.414 | -0.918 | -0.049 | -0.111 | -0.404 | 0.096 | 0.171 | 0.843 | 0.023 | 0.432 | 0.000 |
| 30 | 0.198 | -0.758 | -0.17 | -0.052 | -0.001 | -0.464 | 0.039 | 0.575 | 0.029 | 0.001 | 0.052 | 0.007 |
| 31 | 0.014 | -0.43 | -0.402 | -0.173 | -0.282 | -0.375 | 0.000 | 0.185 | 0.162 | 0.014 | 0.091 | 0.001 |
| 32 | 0.006 | -0.246 | -0.21 | -0.118 | -0.293 | -0.385 | 0.000 | 0.061 | 0.044 | 0.000 | 0.342 | 0.014 |
| 33 | -0.234 | 0.866 | -0.162 | -0.071 | -0.131 | -0.389 | 0.055 | 0.750 | 0.026 | 0.001 | 0.300 | 0.011 |
| 34 | -0.25 | -0.054 | -0.294 | -0.096 | -0.01 | -0.378 | 0.063 | 0.003 | 0.086 | 0.017 | 0.154 | 0.032 |
| 35 | 1.01 | -0.45 | 0.606 | 0.142 | -0.004 | -0.318 | 1.020 | 0.202 | 0.367 | 0.014 | 0.008 | 0.000 |
| 36 | 2.598 | -0.55 | 0.674 | 0.184 | -0.043 | -0.256 | 6.750 | 0.302 | 0.454 | 0.026 | 0.019 | 0.004 |
| 37 | 4.61 | -1.514 | 0.542 | -0.078 | -0.109 | -0.237 | 21.252 | 2.292 | 0.294 | 0.004 | 0.127 | 0.005 |
| 38 | 7.002 | 2.786 | 5.717 | -0.034 | -0.046 | -0.221 | 49.028 | 7.762 | 32.684 | 0.000 | 0.196 | 0.000 |
| 39 | 8.714 | 4.234 | 6.074 | 0.187 | -0.08 | -0.221 | 75.934 | 17.927 | 36.893 | 0.083 | 0.011 | 0.004 |
| 40 | 4.842 | 4.87 | 7.918 | 0.031 | -0.089 | -0.23 | 23.445 | 23.717 | 62.695 | 0.051 | 0.076 | 0.014 |
| 41 | -1.118 | 4.158 | 4.554 | 0.119 | -0.025 | -0.254 | 1.250 | 17.289 | 20.739 | 0.022 | 0.113 | 0.011 |
| 42 | -2.57 | 2.934 | -1.422 | -0.158 | 0.066 | -0.422 | 6.605 | 8.608 | 2.022 | 0.076 | 0.001 | 0.002 |
| 43 | -4.978 | 1.082 | -4.542 | -0.143 | 0.089 | -0.374 | 24.780 | 1.171 | 20.630 | 0.032 | 0.037 | 0.005 |
| 44 | -6.246 | 1.078 | -0.202 | -0.097 | 0.048 | -0.397 | 39.013 | 1.162 | 0.041 | 0.002 | 0.074 | 0.001 |
| 45 | -4.93 | -1.398 | -0.422 | -0.088 | 0.162 | -0.337 | 24.305 | 1.954 | 0.178 | 0.003 | 0.234 | 0.000 |
| 46 | -6.526 | -13.70 | -0.302 | -0.049 | 0.29 | -0.318 | 42.589 | 187.745 | 0.091 | 0.001 | 0.193 | 0.001 |
| 47 | -8.514 | -0.118 | -0.342 | -0.072 | -0.166 | -0.388 | 72.488 | 0.014 | 0.117 | 0.006 | 0.245 | 0.000 |
| 48 | -9.678 | 0.35 | -0.378 | -0.092 | -0.402 | -0.391 | 93.664 | 0.123 | 0.143 | 0.041 | 0.590 | 0.001 |
| 49 | -12.13 | -0.95 | -0.554 | -0.042 | -0.445 | -0.368 | 147.137 | 0.902 | 0.307 | 0.002 | 0.269 | 0.000 |
| 50 | -10.94 | -0.926 | -0.214 | 0.11 | 0.007 | -0.421 | 119.815 | 0.857 | 0.046 | 0.025 | 0.009 | 0.005 |
| 51 | -5.102 | -0.278 | -0.674 | 0.103 | -0.118 | -0.37 | 26.030 | 0.077 | 0.454 | 0.003 | 0.262 | 0.004 |
| 52 | -3.646 | -0.606 | -0.442 | 0.051 | -0.306 | -0.342 | 13.293 | 0.367 | 0.195 | 0.000 | 0.728 | 0.001 |
| 53 | -4.494 | 1.658 | -0.802 | -0.056 | -0.339 | -0.367 | 20.196 | 2.749 | 0.643 | 0.000 | 1.008 | 0.003 |
| 54 | -6.258 | -1.482 | -0.998 | -0.071 | -0.227 | -0.394 | 39.163 | 2.196 | 0.996 | 0.018 | 1.651 | 0.000 |
| 55 | -7.466 | -4.998 | -6.102 | -0.057 | 0.276 | -0.407 | 55.741 | 24.980 | 37.234 | 0.080 | 0.339 | 0.000 |
| 56 | -4.15 | -6.158 | -7.854 | 0.019 | 0.364 | -0.387 | 17.223 | 37.921 | 61.685 | 0.026 | 0.085 | 0.001 |
| 57 | 1.726 | -4.086 | -5.966 | -0.097 | 0.053 | -0.45 | 2.979 | 16.695 | 35.593 | 0.002 | 0.623 | 0.013 |
| 58 | 2.866 | -2.79 | 0.994 | -0.078 | -0.041 | -0.365 | 8.214 | 7.784 | 0.988 | 0.006 | 0.473 | 0.021 |
| 59 | 6.01 | -1.61 | 3.574 | -0.512 | 0.298 | -0.342 | 36.120 | 2.592 | 12.773 | 0.323 | 0.141 | 0.003 |
| 60 | 6.834 | -1.034 | -0.554 | -0.494 | 0.058 | -0.381 | 46.704 | 1.069 | 0.307 | 0.228 | 0.105 | 0.015 |
| 61 | 4.954 | 1.55 | -0.562 | -0.293 | -0.689 | -0.432 | 24.542 | 2.403 | 0.316 | 0.052 | 0.912 | 0.020 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|---------|--------|--------|-------|
| 62 | 6.006 | 13.818 | -0.842 | -0.081 | -1.508 | -0.429 | 36.072 | 190.937 | 0.709 | 0.008 | 2.158 | 0.004 |
| 63 | 8.046 | -0.894 | -0.854 | -0.018 | -1.565 | -0.441 | 64.738 | 0.799 | 0.729 | 0.011 | 2.515 | 0.015 |
| 64 | 9.902 | -2.054 | -0.714 | -0.11 | -0.648 | -0.434 | 98.050 | 4.219 | 0.510 | 0.011 | 1.302 | 0.020 |
| 65 | 10.79 | -0.926 | -0.538 | -0.082 | 0.254 | -0.475 | 116.424 | 0.857 | 0.289 | 0.055 | 0.138 | 0.016 |
| 66 | 8.802 | -0.178 | -0.79 | -0.036 | 0.447 | -0.459 | 77.475 | 0.032 | 0.624 | 0.008 | 0.019 | 0.014 |
| 67 | 3.346 | -0.218 | -0.698 | 0.009 | 0.152 | -0.424 | 11.196 | 0.048 | 0.487 | 0.001 | 0.014 | 0.008 |
| 68 | 0.19 | 1.302 | -0.786 | -0.18 | 0.073 | -0.351 | 0.036 | 1.695 | 0.618 | 0.000 | 0.071 | 0.000 |
| 69 | -0.882 | 0.746 | -0.874 | -0.209 | 0.135 | -0.28 | 0.778 | 0.557 | 0.764 | 0.010 | 0.005 | 0.000 |
| 70 | -0.25 | -0.722 | -0.814 | -0.177 | 0.313 | -0.344 | 0.063 | 0.521 | 0.663 | 0.029 | 0.004 | 0.001 |
| 71 | -1.434 | -0.25 | 0.71 | -0.129 | 0.353 | -0.323 | 2.056 | 0.063 | 0.504 | 0.178 | 0.011 | 0.005 |
| 72 | -1.138 | -0.25 | -0.266 | -0.177 | 0.281 | -0.368 | 1.295 | 0.063 | 0.071 | 0.539 | 0.045 | 0.000 |
| 73 | -1.134 | -0.25 | -0.414 | -0.277 | -0.048 | -0.367 | 1.286 | 0.063 | 0.171 | 0.835 | 0.008 | 0.003 |
| 74 | -1.654 | -0.25 | 0.254 | -0.26 | -0.006 | -0.363 | 2.736 | 0.063 | 0.065 | 0.615 | 0.002 | 0.000 |
| 75 | -1.498 | -0.446 | 0.078 | -0.062 | 0.399 | -0.298 | 2.244 | 0.199 | 0.006 | 0.128 | 0.238 | 0.007 |
| 76 | -1.038 | 0.45 | 0.242 | 0.136 | 0.574 | -0.359 | 1.077 | 0.202 | 0.059 | 0.000 | 0.441 | 0.000 |
| 77 | -0.498 | -0.41 | 0.454 | 0.051 | 0.229 | -0.374 | 0.248 | 0.168 | 0.206 | 0.000 | 0.132 | 0.004 |
| 78 | -0.182 | -0.09 | 0.334 | 0.037 | 0.328 | -0.429 | 0.033 | 0.008 | 0.112 | 0.004 | 0.051 | 0.009 |
| 79 | -0.954 | -1.874 | 0.398 | -0.181 | 0.301 | -0.412 | 0.910 | 3.512 | 0.158 | 0.011 | 0.049 | 0.029 |
| 80 | -0.73 | -1.41 | 0.262 | -0.068 | 0.213 | -0.348 | 0.533 | 1.988 | 0.069 | 0.018 | 0.028 | 0.022 |
| 81 | -0.102 | -0.118 | -1.118 | 0.005 | 0.414 | -0.381 | 0.010 | 0.014 | 1.250 | 0.130 | 0.091 | 0.049 |
| 82 | 0.066 | 0.134 | -5.982 | 0.379 | 0.093 | -0.413 | 0.004 | 0.018 | 35.784 | 0.490 | 0.084 | 0.043 |
| 83 | -0.242 | -0.054 | -7.874 | 0.632 | -0.102 | -0.523 | 0.059 | 0.003 | 62.000 | 0.629 | 0.000 | 0.040 |
| 84 | -0.326 | 0.414 | -6.006 | 0.703 | -0.181 | -0.449 | 0.206 | 0.294 | 25.100 | 0.608 | 0.049 | 0.000 |
| 85 | -0.25 | 0.146 | 1.79 | 0.53 | -0.169 | -0.405 | 0.358 | 0.362 | 3.378 | 0.449 | 0.004 | 0.004 |
| 86 | -0.25 | 0.03 | 9.846 | 0.195 | -0.093 | -0.425 | 0.073 | 0.593 | 24.305 | 0.079 | 0.009 | 0.009 |
| 87 | -0.25 | -0.282 | 7.33 | 0.024 | -0.154 | -0.407 | 0.042 | 0.545 | 0.362 | 0.010 | 0.020 | 0.002 |
| 88 | -0.25 | -5.29 | 5.638 | -0.036 | -0.125 | -0.345 | 0.168 | 36.313 | 0.757 | 0.007 | 0.000 | 0.000 |
| 89 | -0.25 | -6.646 | -1.394 | -0.034 | -0.027 | -0.33 | 0.053 | 54.317 | 0.272 | 0.047 | 0.003 | 0.000 |
| 90 | -0.25 | -6.326 | -4.634 | -0.118 | -0.145 | -0.297 | 0.106 | 41.964 | 0.521 | 0.207 | 0.011 | 0.002 |
| 91 | -0.25 | 2.442 | -0.238 | -0.227 | 0.09 | -0.332 | 0.067 | 4.088 | 0.702 | 0.166 | 0.038 | 0.008 |
| 92 | -0.25 | 3.206 | -0.354 | -0.441 | 0.102 | -0.227 | 0.650 | 6.180 | 0.329 | 0.027 | 0.017 | 0.002 |
| 93 | -0.25 | -0.522 | -0.254 | -0.414 | -0.182 | -0.223 | 4.452 | 0.272 | 0.065 | 0.293 | 0.031 | 0.000 |
| 94 | -0.25 | 4.526 | -1.054 | -0.053 | -0.24 | -0.334 | 4.726 | 20.485 | 1.111 | 0.015 | 0.332 | 0.003 |
| 95 | -0.25 | 5.982 | -1.078 | -0.042 | -0.184 | -0.35 | 0.487 | 35.784 | 1.162 | 0.000 | 0.095 | 0.001 |
| 96 | -0.25 | 5.138 | -1.19 | 0.005 | -0.085 | -0.423 | 0.001 | 26.399 | 1.416 | 0.000 | 0.004 | 0.009 |
| 97 | 7.03 | -2.61 | -0.498 | 0.02 | 0.05 | -0.449 | 62.631 | 0.015 | 0.248 | 0.000 | 0.002 | 0.022 |
| 98 | 8.602 | -2.962 | -0.698 | -0.336 | -0.024 | -0.258 | 15.697 | 0.009 | 0.487 | 0.056 | 0.020 | 0.004 |
| 99 | 4.318 | -7.782 | -0.802 | -0.292 | 0.05 | -0.377 | 3.960 | 2.696 | 0.643 | 0.069 | 0.013 | 0.005 |
| 100 | 5.23 | -10.98 | -1.014 | -0.366 | -0.191 | -0.436 | 7.762 | 1.232 | 1.028 | 0.147 | 0.088 | 0.011 |
| 101 | 4.474 | -3.462 | -0.514 | -0.489 | -0.283 | -0.391 | 27.311 | 0.003 | 0.264 | 0.249 | 0.108 | 0.002 |
| 102 | -0.11 | -3.194 | -0.534 | -0.558 | -0.331 | -0.437 | 42.380 | 0.053 | 0.285 | 0.087 | 0.168 | 0.012 |
| 103 | 0.182 | -0.326 | -5.673 | -0.105 | 0.055 | -0.325 | 30.272 | 0.026 | 32.183 | 0.018 | 0.002 | 0.000 |
| 104 | 2.282 | 0.214 | -1.126 | -0.014 | 0 | -0.35 | 46.158 | 0.005 | 1.268 | 0.014 | 0.003 | 0.000 |
| 105 | -4.526 | 0.718 | -1.178 | -0.057 | -0.017 | -0.442 | 80.604 | 0.089 | 1.388 | 0.000 | 0.001 | 0.005 |
| 106 | -4.798 | 0.798 | -0.266 | -0.345 | 0.058 | -0.412 | 101.970 | 0.353 | 0.071 | 0.072 | 0.005 | 0.001 |
| 107 | -6.07 | 0.37 | -0.378 | -0.312 | 0.047 | -0.416 | 129.095 | 0.281 | 0.143 | 0.042 | 0.001 | 0.004 |
| 108 | -4.73 | 1.058 | -0.202 | -0.221 | -0.037 | -0.388 | 96.786 | 0.277 | 0.041 | 0.036 | 0.008 | 0.000 |
| 109 | -8.974 | -0.226 | -0.302 | -0.136 | 0.015 | -0.404 | 20.124 | 0.109 | 0.091 | 0.031 | 0.000 | 0.002 |
| 110 | -11.25 | -0.482 | -0.122 | -0.11 | -0.137 | -0.371 | 1.153 | 1.474 | 0.015 | 0.073 | 0.001 | 0.006 |
| 111 | -9.766 | -0.446 | -0.146 | -0.089 | -0.083 | -0.396 | 0.000 | 1.633 | 0.021 | 0.076 | 0.000 | 0.013 |
| 112 | -4.11 | -0.746 | 0.138 | -0.08 | 0 | -0.425 | 0.933 | 0.799 | 0.303 | 0.030 | 0.000 | 0.040 |
| 113 | -0.906 | -1.014 | 0.01 | -0.249 | -0.25 | -0.365 | 1.259 | 0.624 | 0.521 | 0.171 | 0.068 | 0.017 |
| 114 | 0.162 | -0.858 | 0.146 | -0.152 | -0.378 | -0.357 | 0.298 | 0.736 | 0.516 | 0.011 | 0.080 | 0.037 |
| 115 | 0.702 | -0.274 | 0.31 | -0.127 | -0.126 | -0.377 | 0.493 | 0.075 | 0.397 | 0.036 | 0.005 | 0.030 |
| 116 | 0.934 | -0.934 | 0.094 | -0.222 | 0.039 | -0.387 | 0.872 | 0.872 | 0.320 | 0.195 | 0.003 | 0.049 |
| 117 | -0.226 | -0.794 | -0.25 | -0.33 | -0.087 | -0.364 | 0.051 | 0.630 | 0.850 | 0.172 | 0.001 | 0.054 |
| 118 | 0.11 | -0.402 | -0.25 | -0.655 | -0.252 | -0.418 | 0.012 | 0.162 | 0.918 | 0.677 | 0.036 | 0.051 |
| 119 | -0.666 | 0.354 | -0.25 | -0.805 | -0.206 | -0.276 | 0.444 | 0.125 | 0.387 | 0.539 | 0.089 | 0.014 |
| 120 | -0.358 | 0.426 | -0.25 | -0.717 | 0.167 | -0.247 | 0.128 | 0.181 | 0.063 | 0.387 | 0.001 | 0.012 |
| jmlh | -46.46 | -51.29 | -40.32 | -13.82 | -3.399 | -43.65 | 2141.588 | 821.514 | 571.864 | 12.016 | 27.304 | 1.586 |

| No. | ERROR | | | | | | ERROR/Data Awal | | | | | |
|-----|---------------|--------|-------|-----------|-------|-------|-----------------|--------|-------|-----------|-------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 0.150 | 0.434 | 0.084 | 2.066 | 15.570 | 2.478 | 0.162 | 0.245 | 0.364 |
| 2 | 0.134 | 0.046 | 0.338 | 0.096 | 0.491 | 0.093 | 1.978 | 15.366 | 2.250 | 0.149 | 0.207 | 0.373 |
| 3 | 0.194 | 0.294 | 0.506 | 0.134 | 0.729 | 0.076 | 1.998 | 15.410 | 2.154 | 0.196 | 0.808 | 0.390 |
| 4 | 0.130 | 0.390 | 0.050 | 0.063 | 0.189 | 0.106 | 2.002 | 15.550 | 2.450 | 0.076 | 0.160 | 0.403 |
| 5 | 0.050 | 0.182 | 0.038 | 0.089 | 0.214 | 0.073 | 1.974 | 15.482 | 2.518 | 0.098 | 0.068 | 0.395 |
| 6 | 0.006 | 0.050 | 0.142 | 0.142 | 0.051 | 0.130 | 1.810 | 15.390 | 2.534 | 0.022 | 0.240 | 0.365 |
| 7 | 0.226 | 0.150 | 0.298 | 0.120 | 0.091 | 0.130 | 1.954 | 15.470 | 2.330 | 0.008 | 0.193 | 0.371 |
| 8 | 0.426 | 0.442 | 0.050 | 0.239 | 0.017 | 0.148 | 2.174 | 15.558 | 2.458 | 0.201 | 0.096 | 0.339 |
| 9 | 0.314 | 0.382 | 0.190 | 0.230 | 0.001 | 0.047 | 2.066 | 15.542 | 2.538 | 0.342 | 0.030 | 0.433 |
| 10 | 0.254 | 0.186 | 0.022 | 0.523 | 0.453 | 0.019 | 1.978 | 15.486 | 2.478 | 0.090 | 0.307 | 0.504 |
| 11 | 0.350 | 0.290 | 0.450 | 0.601 | 0.728 | 0.237 | 1.910 | 15.522 | 2.854 | 0.017 | 0.540 | 0.569 |
| 12 | 0.154 | 0.306 | 0.226 | 0.386 | 0.465 | 0.224 | 1.858 | 15.446 | 2.926 | 0.073 | 0.626 | 0.550 |
| 13 | 0.182 | 0.150 | 0.010 | 0.205 | 0.738 | 0.262 | 2.106 | 15.370 | 2.758 | 0.093 | 1.033 | 0.576 |
| 14 | 0.278 | 0.282 | 0.146 | 0.076 | 0.550 | 0.262 | 2.094 | 15.590 | 2.930 | 0.275 | 0.807 | 0.585 |
| 15 | 0.326 | 0.278 | 0.310 | 0.055 | 0.776 | 0.215 | 2.054 | 15.570 | 2.890 | 0.191 | 0.018 | 0.555 |
| 16 | 0.462 | 0.130 | 0.094 | 0.254 | 0.030 | 0.034 | 2.122 | 15.366 | 2.802 | 0.128 | 0.080 | 0.387 |
| 17 | 0.566 | 0.138 | 0.058 | 0.038 | 0.070 | 0.195 | 2.174 | 15.410 | 2.846 | 0.086 | 0.048 | 0.540 |
| 18 | 0.166 | 0.354 | 0.222 | 0.207 | 0.010 | 0.254 | 1.738 | 15.550 | 2.506 | 0.179 | 0.180 | 0.569 |
| 19 | 0.342 | 0.362 | 0.234 | 0.376 | 0.096 | 0.229 | 1.610 | 15.482 | 2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.550 |
| 20 | 0.298 | 0.050 | 0.102 | 0.268 | 0.288 | 0.287 | 1.678 | 15.390 | 2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 21 | 0.690 | 0.270 | 5.417 | 0.372 | 0.085 | 0.114 | 2.078 | 15.590 | 2.237 | 0.080 | 0.005 | 0.497 |
| 22 | 0.306 | 0.454 | 0.806 | 0.505 | 0.272 | 0.105 | 1.838 | 15.570 | 2.334 | 0.154 | 0.066 | 0.516 |
| 23 | 0.398 | 0.206 | 0.714 | 0.431 | 0.071 | 0.106 | 1.886 | 15.366 | 2.338 | 0.115 | 0.039 | 0.559 |
| 24 | 0.402 | 0.110 | 0.686 | 0.076 | 0.656 | 0.020 | 1.762 | 15.410 | 2.410 | 0.174 | 0.026 | 0.518 |
| 25 | 0.538 | 0.318 | 1.002 | 0.221 | 1.410 | 0.055 | 1.966 | 15.550 | 2.250 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 26 | 0.066 | 0.450 | 0.602 | 0.148 | 1.442 | 0.032 | 1.894 | 15.590 | 2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 27 | 0.306 | 0.858 | 0.330 | 0.037 | 0.624 | 0.037 | 1.894 | 16.078 | 2.426 | 0.051 | 0.026 | 0.537 |
| 28 | 0.162 | 0.266 | 0.726 | 0.096 | 0.393 | 0.004 | 1.798 | 16.070 | 2.378 | 0.045 | 0.093 | 0.530 |
| 29 | 0.310 | 0.414 | 0.918 | 0.152 | 0.657 | 0.000 | 1.822 | 16.134 | 2.258 | 0.050 | 0.086 | 0.535 |
| 30 | 0.198 | 0.758 | 0.170 | 0.032 | 0.229 | 0.083 | 1.518 | 16.586 | 2.838 | 0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 31 | 0.014 | 0.430 | 0.402 | 0.117 | 0.302 | 0.025 | 1.630 | 16.250 | 2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 32 | 0.006 | 0.246 | 0.210 | 0.006 | 0.585 | 0.120 | 1.638 | 16.130 | 2.930 | 0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 33 | 0.234 | 0.866 | 0.162 | 0.033 | 0.548 | 0.105 | 1.782 | 15.470 | 2.890 | 0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 34 | 0.250 | 0.054 | 0.294 | 0.129 | 0.392 | 0.180 | 1.818 | 16.054 | 2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 35 | 1.010 | 0.450 | 0.606 | 0.119 | 0.089 | 0.008 | 1.250 | 16.330 | 3.362 | 0.249 | 0.044 | 0.439 |
| 36 | 2.598 | 0.550 | 0.674 | 0.161 | 0.137 | 0.061 | 1.522 | 16.366 | 3.778 | 0.301 | 0.028 | 0.419 |
| 37 | 4.610 | 1.514 | 0.542 | 0.060 | 0.357 | 0.072 | 1.434 | 16.658 | 3.718 | 0.057 | 0.101 | 0.374 |
| 38 | 7.002 | 2.786 | 5.717 | 0.011 | 0.443 | 0.014 | 1.490 | 15.106 | 3.730 | 0.151 | 0.106 | 0.393 |
| 39 | 8.714 | 4.234 | 6.074 | 0.288 | 0.106 | 0.061 | 1.254 | 16.046 | 3.834 | 0.355 | 0.014 | 0.387 |
| 40 | 4.842 | 4.870 | 7.918 | 0.226 | 0.276 | 0.119 | 1.242 | 16.658 | 3.818 | 0.203 | 0.033 | 0.347 |
| 41 | 1.118 | 4.158 | 4.554 | 0.147 | 0.336 | 0.106 | 1.302 | 15.106 | 2.294 | 0.290 | 0.057 | 0.360 |
| 42 | 2.570 | 2.934 | 1.422 | 0.275 | 0.037 | 0.042 | 1.522 | 15.106 | 3.222 | 0.050 | 0.010 | 0.551 |
| 43 | 4.978 | 1.082 | 4.542 | 0.178 | 0.192 | 0.069 | 1.362 | 15.942 | 3.314 | 0.063 | 0.087 | 0.537 |
| 44 | 6.246 | 1.078 | 0.202 | 0.048 | 0.272 | 0.035 | 1.414 | 15.710 | 3.278 | 0.090 | 0.059 | 0.530 |
| 45 | 4.930 | 1.398 | 0.422 | 0.051 | 0.484 | 0.005 | 1.506 | 15.678 | 3.206 | 0.067 | 0.206 | 0.496 |
| 46 | 6.526 | 13.702 | 0.302 | 0.030 | 0.439 | 0.030 | 1.570 | 15.750 | 3.198 | 0.090 | 0.287 | 0.457 |
| 47 | 8.514 | 0.118 | 0.342 | 0.075 | 0.495 | 0.018 | 1.422 | 15.914 | 3.138 | 0.017 | 0.170 | 0.498 |
| 48 | 9.678 | 0.350 | 0.378 | 0.203 | 0.768 | 0.031 | 1.342 | 16.058 | 3.250 | 0.073 | 0.359 | 0.516 |
| 49 | 12.130 | 0.950 | 0.554 | 0.047 | 0.519 | 0.022 | 2.734 | 15.806 | 3.194 | 0.093 | 0.443 | 0.516 |
| 50 | 10.946 | 0.926 | 0.214 | 0.158 | 0.096 | 0.069 | 3.002 | 15.782 | 3.274 | 0.275 | 0.077 | 0.559 |
| 51 | 5.102 | 0.278 | 0.674 | 0.051 | 0.512 | 0.064 | 2.510 | 15.970 | 2.846 | 0.191 | 0.155 | 0.518 |
| 52 | 3.646 | 0.606 | 0.442 | 0.021 | 0.853 | 0.026 | 4.370 | 16.066 | 3.002 | 0.088 | 0.263 | 0.545 |
| 53 | 4.494 | 1.658 | 0.802 | 0.011 | 1.004 | 0.051 | 6.294 | 15.394 | 2.658 | 0.034 | 0.328 | 0.551 |
| 54 | 6.258 | 1.482 | 0.998 | 0.133 | 1.285 | 0.011 | 8.742 | 18.142 | 2.506 | 0.010 | 0.202 | 0.537 |
| 55 | 7.466 | 4.998 | 6.102 | 0.283 | 0.582 | 0.005 | 10.218 | 20.530 | 2.490 | 0.042 | 0.275 | 0.530 |
| 56 | 4.150 | 6.158 | 7.854 | 0.161 | 0.291 | 0.030 | 6.334 | 21.778 | 4.350 | 0.080 | 0.359 | 0.535 |
| 57 | 1.726 | 4.086 | 5.966 | 0.048 | 0.789 | 0.115 | 0.434 | 19.514 | 2.510 | 0.090 | 0.026 | 0.588 |
| 58 | 2.866 | 2.790 | 0.994 | 0.076 | 0.688 | 0.144 | 0.798 | 18.290 | 4.394 | 0.067 | 0.031 | 0.540 |
| 59 | 6.010 | 1.610 | 3.574 | 0.568 | 0.376 | 0.050 | 3.366 | 17.274 | 7.606 | 0.401 | 0.288 | 0.461 |
| 60 | 6.834 | 1.034 | 0.554 | 0.477 | 0.324 | 0.124 | 4.582 | 17.038 | 3.230 | 0.366 | 0.060 | 0.503 |
| 61 | 4.954 | 1.550 | 0.562 | 0.229 | 0.955 | 0.141 | 3.174 | 14.530 | 3.378 | 0.148 | 0.680 | 0.588 |
| 62 | 6.006 | 13.818 | 0.842 | 0.088 | 1.469 | 0.060 | 4.706 | 2.298 | 3.250 | 0.067 | 1.469 | 0.540 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|----------|---------|--------|--------|--------|
| 63 | 8.046 | 0.894 | 0.854 | 0.106 | 1.586 | 0.123 | 6.842 | 17.302 | 3.230 | 0.083 | 1.531 | 0.569 |
| 64 | 9.902 | 2.054 | 0.714 | 0.105 | 1.141 | 0.143 | 8.086 | 16.910 | 3.378 | 0.038 | 0.648 | 0.550 |
| 65 | 10.790 | 0.926 | 0.538 | 0.234 | 0.371 | 0.128 | 9.146 | 15.782 | 3.498 | 0.091 | 0.250 | 0.576 |
| 66 | 8.802 | 0.178 | 0.790 | 0.089 | 0.139 | 0.119 | 7.694 | 15.870 | 3.238 | 0.152 | 0.521 | 0.585 |
| 67 | 3.346 | 0.218 | 0.698 | 0.030 | 0.118 | 0.089 | 2.342 | 15.678 | 3.270 | 0.108 | 0.177 | 0.555 |
| 68 | 0.190 | 1.302 | 0.786 | 0.011 | 0.267 | 0.014 | 0.974 | 15.750 | 3.194 | 0.005 | 0.013 | 0.523 |
| 69 | 0.882 | 0.746 | 0.874 | 0.101 | 0.073 | 0.022 | 2.050 | 15.914 | 3.210 | 0.041 | 0.201 | 0.446 |
| 70 | 0.250 | 0.722 | 0.814 | 0.171 | 0.063 | 0.034 | 1.262 | 16.254 | 3.254 | 0.005 | 0.369 | 0.461 |
| 71 | 1.434 | 0.250 | 0.710 | 0.422 | 0.103 | 0.072 | 2.434 | 15.870 | 3.254 | 0.042 | 0.321 | 0.429 |
| 72 | 1.138 | 0.250 | 0.266 | 0.734 | 0.212 | 0.010 | 2.410 | 15.678 | 3.206 | 0.031 | 0.225 | 0.497 |
| 73 | 1.134 | 0.250 | 0.414 | 0.914 | 0.092 | 0.050 | 2.318 | 15.750 | 3.150 | 0.071 | 0.050 | 0.530 |
| 74 | 1.654 | 0.250 | 0.254 | 0.784 | 0.040 | 0.011 | 2.894 | 15.914 | 3.782 | 0.073 | 0.005 | 0.496 |
| 75 | 1.498 | 0.446 | 0.078 | 0.358 | 0.488 | 0.081 | 2.502 | 16.254 | 3.534 | 0.093 | 0.443 | 0.457 |
| 76 | 1.038 | 0.450 | 0.242 | 0.014 | 0.664 | 0.008 | 2.030 | 15.106 | 3.690 | 0.275 | 0.571 | 0.498 |
| 77 | 0.498 | 0.410 | 0.454 | 0.022 | 0.363 | 0.062 | 1.550 | 15.942 | 3.842 | 0.191 | 0.332 | 0.516 |
| 78 | 0.182 | 0.090 | 0.334 | 0.067 | 0.225 | 0.097 | 1.454 | 15.710 | 3.834 | 0.088 | 0.245 | 0.516 |
| 79 | 0.954 | 1.874 | 0.398 | 0.106 | 0.222 | 0.170 | 2.066 | 17.302 | 3.842 | 0.034 | 0.230 | 0.559 |
| 80 | 0.730 | 1.410 | 0.262 | 0.136 | 0.167 | 0.149 | 1.894 | 16.910 | 3.786 | 0.010 | 0.224 | 0.518 |
| 81 | 0.102 | 0.118 | 1.118 | 0.360 | 0.301 | 0.221 | 1.358 | 15.782 | 2.354 | 0.116 | 0.382 | 0.545 |
| 82 | 0.066 | 0.134 | 5.982 | 0.700 | 0.289 | 0.208 | 1.254 | 15.870 | 2.490 | 0.414 | 0.168 | 0.551 |
| 83 | 0.242 | 0.054 | 7.874 | 0.793 | 0.007 | 0.200 | 1.414 | 16.134 | 4.350 | 0.715 | 0.037 | 0.537 |
| 84 | 0.454 | 0.542 | 5.010 | 0.780 | 0.221 | 0.021 | 1.418 | 15.702 | 2.510 | 0.793 | 0.192 | 0.530 |
| 85 | 0.598 | 0.602 | 1.838 | 0.670 | 0.061 | 0.067 | 1.326 | 15.902 | 4.394 | 0.661 | 0.085 | 0.535 |
| 86 | 0.270 | 0.770 | 4.930 | 0.281 | 0.094 | 0.093 | 1.546 | 16.110 | 7.606 | 0.401 | 0.095 | 0.588 |
| 87 | 0.206 | 0.738 | 0.602 | 0.099 | 0.141 | 0.039 | 1.522 | 16.058 | 3.230 | 0.211 | 0.143 | 0.540 |
| 88 | 0.410 | 6.026 | 0.870 | 0.081 | 0.002 | 0.017 | 1.338 | 21.142 | 3.378 | 0.119 | 0.081 | 0.504 |
| 89 | 0.230 | 7.370 | 0.522 | 0.217 | 0.059 | 0.011 | 1.522 | 22.530 | 3.250 | 0.105 | 0.030 | 0.469 |
| 90 | 0.326 | 6.478 | 0.722 | 0.455 | 0.104 | 0.046 | 2.050 | 21.778 | 3.222 | 0.022 | 0.042 | 0.439 |
| 91 | 0.258 | 2.022 | 0.838 | 0.408 | 0.195 | 0.087 | 1.818 | 13.210 | 3.242 | 0.176 | 0.007 | 0.419 |
| 92 | 0.806 | 2.486 | 0.574 | 0.165 | 0.130 | 0.048 | 2.510 | 12.654 | 3.274 | 0.294 | 0.031 | 0.374 |
| 93 | 2.110 | 0.522 | 0.254 | 0.541 | 0.177 | 0.014 | 4.370 | 16.330 | 3.246 | 0.336 | 0.171 | 0.393 |
| 94 | 2.174 | 4.526 | 1.054 | 0.121 | 0.576 | 0.051 | 6.294 | 16.366 | 2.426 | 0.058 | 0.272 | 0.498 |
| 95 | 0.698 | 5.982 | 1.078 | 0.000 | 0.309 | 0.036 | 6.742 | 16.298 | 2.378 | 0.126 | 0.118 | 0.516 |
| 96 | 0.026 | 5.138 | 1.190 | 0.020 | 0.065 | 0.094 | 8.518 | 16.390 | 2.258 | 0.177 | 0.029 | 0.540 |
| 97 | 7.914 | 0.122 | 0.498 | 0.016 | 0.044 | 0.148 | 2.054 | 15.570 | 2.890 | 0.191 | 0.018 | 0.555 |
| 98 | 3.962 | 0.094 | 0.698 | 0.236 | 0.142 | 0.061 | 2.122 | 15.366 | 2.802 | 0.128 | 0.080 | 0.387 |
| 99 | 1.990 | 1.642 | 0.802 | 0.262 | 0.116 | 0.074 | 2.174 | 15.410 | 2.846 | 0.086 | 0.048 | 0.540 |
| 100 | 2.786 | 1.110 | 1.014 | 0.383 | 0.296 | 0.103 | 1.738 | 15.550 | 2.506 | 0.179 | 0.180 | 0.569 |
| 101 | 5.226 | 0.050 | 0.514 | 0.499 | 0.328 | 0.041 | 1.610 | 15.482 | 2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.550 |
| 102 | 6.510 | 0.230 | 0.534 | 0.295 | 0.410 | 0.108 | 1.678 | 15.390 | 2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 103 | 5.502 | 0.162 | 5.673 | 0.134 | 0.046 | 0.002 | 2.078 | 15.590 | 2.237 | 0.080 | 0.005 | 0.497 |
| 104 | 6.794 | 0.070 | 1.126 | 0.119 | 0.055 | 0.015 | 1.838 | 15.570 | 2.334 | 0.154 | 0.066 | 0.516 |
| 105 | 8.978 | 0.298 | 1.178 | 0.014 | 0.037 | 0.072 | 1.886 | 15.366 | 2.338 | 0.115 | 0.039 | 0.559 |
| 106 | 10.098 | 0.594 | 0.266 | 0.269 | 0.069 | 0.038 | 1.762 | 15.410 | 2.410 | 0.174 | 0.026 | 0.518 |
| 107 | 11.362 | 0.530 | 0.378 | 0.204 | 0.027 | 0.060 | 1.966 | 15.550 | 2.250 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 108 | 9.838 | 0.526 | 0.202 | 0.191 | 0.087 | 0.013 | 1.894 | 15.590 | 2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 109 | 4.486 | 0.330 | 0.302 | 0.176 | 0.005 | 0.047 | 1.894 | 16.078 | 2.426 | 0.051 | 0.026 | 0.537 |
| 110 | 1.074 | 1.214 | 0.122 | 0.270 | 0.036 | 0.076 | 1.798 | 16.070 | 2.378 | 0.045 | 0.093 | 0.530 |
| 111 | 0.022 | 1.278 | 0.146 | 0.275 | 0.019 | 0.116 | 1.822 | 16.134 | 2.258 | 0.050 | 0.086 | 0.535 |
| 112 | 0.966 | 0.894 | 0.550 | 0.173 | 0.008 | 0.199 | 1.518 | 16.586 | 2.838 | 0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 113 | 1.122 | 0.790 | 0.722 | 0.413 | 0.261 | 0.129 | 1.630 | 16.250 | 2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 114 | 0.546 | 0.858 | 0.718 | 0.104 | 0.283 | 0.192 | 1.638 | 16.130 | 2.930 | 0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 115 | 0.702 | 0.274 | 0.630 | 0.189 | 0.073 | 0.173 | 1.782 | 15.470 | 2.890 | 0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 116 | 0.934 | 0.934 | 0.566 | 0.442 | 0.057 | 0.222 | 1.818 | 16.054 | 2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 117 | 0.226 | 0.794 | 0.922 | 0.415 | 0.038 | 0.233 | 2.410 | 15.938 | 2.538 | 0.162 | 0.021 | 0.530 |
| 118 | 0.110 | 0.402 | 0.958 | 0.823 | 0.189 | 0.225 | 2.050 | 16.090 | 2.478 | 0.483 | 0.196 | 0.535 |
| 119 | 0.666 | 0.354 | 0.622 | 0.734 | 0.298 | 0.119 | 2.734 | 15.486 | 2.838 | 0.634 | 0.238 | 0.382 |
| 120 | 0.358 | 0.426 | 0.250 | 0.622 | 0.026 | 0.111 | 3.002 | 15.522 | 2.778 | 0.509 | 0.111 | 0.376 |
| jmlh | 318.488 | 161.764 | 143.185 | 28.183 | 40.276 | 10.886 | 297.408 | 1918.012 | 361.914 | 18.483 | 24.408 | 60.398 |

PERHITUNGAN MSE (MEAN SQUARED ERROR)

| Modul Sensor | | | | | | |
|--------------|----------------------|--------|--------|------------------|-------|-------|
| | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 17.34 | 8.50 | 6.31 | 0.06 | 0.11 | 0.14 |
| RSME | 4.16 | 2.91 | 2.51 | 0.25 | 0.33 | 0.37 |
| MAD | 0.21 | 0.23 | 0.106 | 0.338 | 0.232 | 0.204 |
| MAPE | 2.478 | 15.983 | 13.016 | 1.540 | 2.034 | 5.033 |

PERBANDINGAN NILAI MSE

Perbandingan Nilai MSE antara simulasi benar dengan simulasi salah

| | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Accelerometer</i> | | |
|------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 17.336 | 8.495 | 6.313 | 13.885 | 8.115 | 10.418 |
| RSME | 4.164 | 2.915 | 2.513 | 3.726 | 2.849 | 3.228 |
| MAD | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 0.732 | 1.404 | 9.652 |
| MAPE | 2.478 | 15.983 | 13.016 | 26.767 | 13.865 | 21.065 |

| | <i>Gyroscope</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
|------|------------------|-------|-------|------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 0.064 | 0.111 | 0.137 | 3.184 | 3.891 | 3.477 |
| RSME | 0.253 | 0.333 | 0.370 | 1.784 | 1.973 | 1.865 |
| MAD | 0.338 | 0.232 | 0.204 | 2.338 | 2.352 | 2.382 |
| MAPE | 1.540 | 2.034 | 5.033 | 11.540 | 12.034 | 15.033 |

*MEAN SQUARED ERROR (MSE) BERPURA-PURA
MELAKUKAN KEGIATAN MARKING
(PENANDAAN)*

DATA

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|-------|-------|-----------|-----|-----|---------------|-------|------|-----------|-------|-----|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1856 | 15340 | -2584 | -176 | -13 | 160 | 2588 | 13936 | 7068 | 162 | -245 | 364 |
| 2 | 1844 | 15320 | -2588 | -142 | 32 | 138 | 2688 | 13964 | 7168 | -149 | -207 | 373 |
| 3 | 1804 | 15116 | -2660 | -140 | -65 | 142 | 2656 | 13908 | 7136 | -196 | 808 | 390 |
| 4 | 1872 | 15160 | -2500 | -131 | 83 | 138 | 2664 | 13864 | 7244 | -76 | 160 | 403 |
| 5 | 1924 | 15300 | -2556 | -147 | 71 | 147 | 2716 | 13820 | 7148 | 98 | -68 | 395 |
| 6 | 1816 | 15340 | -2676 | -78 | -11 | 170 | 2664 | 13852 | 7212 | 22 | 240 | 365 |
| 7 | 1728 | 15320 | -2628 | -111 | 32 | 164 | 2780 | 13852 | 7140 | 8 | 193 | 371 |
| 8 | 1748 | 15116 | -2508 | -131 | -75 | 138 | 2692 | 13796 | 7160 | 201 | 96 | 339 |
| 9 | 1752 | 15160 | -2728 | -83 | -65 | 138 | 2776 | 13824 | 7032 | 342 | -30 | 433 |
| 10 | 1724 | 15300 | -2500 | -90 | 11 | 148 | 2556 | 13924 | 7052 | -90 | -307 | 504 |
| 11 | 1560 | 15232 | -2404 | -131 | -84 | 130 | 2652 | 13924 | 7184 | -17 | -540 | 569 |
| 12 | 1704 | 15140 | -2700 | -145 | 84 | 138 | 2736 | 13936 | 7080 | 73 | -626 | 550 |
| 13 | 1924 | 15220 | -2768 | -88 | 37 | 148 | 2796 | 13880 | 7212 | -93 | -1033 | 576 |
| 14 | 1816 | 15308 | -2784 | -37 | -11 | 203 | 2652 | 13904 | 7116 | -275 | -807 | 585 |
| 15 | 1728 | 15292 | -2580 | -88 | -11 | 184 | 2664 | 13808 | 7228 | -191 | -18 | 555 |
| 16 | 1660 | 15236 | -2708 | -81 | -25 | 143 | 2692 | 13848 | 7260 | 128 | 80 | 387 |
| 17 | 1608 | 15272 | -2788 | -99 | 1 | 123 | 2680 | 13764 | 7256 | 86 | -48 | 540 |
| 18 | 1572 | 15196 | -2728 | -61 | 5 | 148 | 2652 | 13800 | 7244 | 179 | 180 | 569 |
| 19 | 1268 | 15120 | -3088 | -187 | 27 | 138 | 2684 | 13752 | 7336 | 334 | 239 | 550 |
| 20 | 1380 | 15340 | -3028 | -145 | -10 | 175 | 2668 | 13740 | 7332 | 419 | 334 | 576 |
| 21 | 1388 | 15320 | -3180 | -111 | 10 | 119 | 2760 | 13868 | 7200 | -80 | 5 | 497 |
| 22 | 1532 | 15116 | -3140 | -128 | -2 | 122 | 2732 | 13848 | 7180 | -154 | -66 | 516 |
| 23 | 1488 | 15160 | -3052 | -145 | -9 | 156 | 2780 | 13764 | 7208 | -115 | -39 | 559 |
| 24 | 1360 | 15300 | -3096 | -148 | -39 | 111 | 2572 | 13848 | 7224 | 174 | -26 | 518 |
| 25 | 1428 | 15232 | -3252 | -101 | -34 | 128 | 2632 | 13956 | 7300 | 104 | 9 | 545 |
| 26 | 1828 | 15140 | -2908 | -148 | 0 | 116 | 2684 | 13812 | 7228 | 15 | 39 | 551 |
| 27 | 1588 | 15220 | -2756 | -173 | 4 | 101 | 2636 | 13852 | 7244 | -51 | -26 | 537 |
| 28 | 1636 | 15804 | -3104 | -188 | -74 | 126 | 2576 | 13908 | 7148 | -45 | 93 | 530 |
| 29 | 1512 | 15720 | -3176 | -99 | -25 | 131 | 2808 | 13836 | 7180 | -50 | 86 | 535 |
| 30 | 1716 | 15828 | -3008 | -178 | 1 | 124 | 2664 | 13840 | 7140 | -126 | 2 | 588 |
| 31 | 1644 | 15820 | -3180 | -111 | -43 | 123 | 2616 | 13924 | 7020 | 62 | 239 | 498 |
| 32 | 1644 | 15884 | -3140 | -121 | 41 | 131 | 2592 | 13796 | 7108 | -3 | 334 | 516 |
| 33 | 1548 | 16336 | -3052 | -83 | -2 | 127 | 2608 | 13920 | 6980 | -12 | 129 | 516 |
| 34 | 1568 | 16000 | -3096 | -59 | 11 | 181 | 2656 | 13836 | 7176 | 37 | 21 | 559 |
| 35 | 2260 | 15880 | -2756 | -107 | 40 | 121 | 2592 | 13744 | 7108 | -249 | 44 | 439 |
| 36 | 4120 | 15816 | -3104 | -117 | -15 | 163 | 2760 | 13760 | 7208 | -301 | 28 | 419 |
| 37 | 6044 | 15144 | -3176 | -135 | -8 | 137 | 2592 | 13864 | 7072 | -57 | 101 | 374 |
| 38 | 8492 | 17892 | 1987 | -185 | 60 | 172 | 2756 | 13852 | 7196 | -151 | 106 | 393 |
| 39 | 9968 | 20280 | 2240 | -168 | -66 | 166 | 2748 | 13800 | 7024 | -355 | 14 | 387 |
| 40 | 6084 | 21528 | 4100 | -172 | -56 | 117 | 2704 | 13908 | 6916 | -203 | 33 | 347 |
| 41 | 184 | 19264 | 2260 | -171 | 32 | 106 | 2676 | 13820 | 7024 | -290 | 57 | 360 |
| 42 | -1048 | 18040 | -4644 | -208 | 56 | 129 | 2636 | 13912 | 7048 | -50 | -10 | 551 |
| 43 | -3616 | 17024 | -7856 | -206 | 2 | 163 | 2680 | 13840 | 6972 | -63 | -87 | 537 |
| 44 | -4832 | 16788 | -3480 | -187 | -11 | 133 | 2572 | 13892 | 6848 | -90 | -59 | 530 |
| 45 | -3424 | 14280 | -3628 | -155 | -44 | 159 | 2620 | 13908 | 7024 | -67 | -206 | 496 |
| 46 | -4956 | 2048 | -3500 | -139 | 3 | 139 | 2708 | 13964 | 7064 | -90 | -287 | 457 |
| 47 | -7092 | 15796 | -3480 | -89 | 4 | 110 | 2612 | 13912 | 6892 | -17 | 170 | 498 |
| 48 | -8336 | 16408 | -3628 | -19 | -43 | 125 | 2636 | 14036 | 7048 | 73 | 359 | 516 |
| 49 | -9396 | 14856 | -3748 | -135 | -2 | 148 | 2680 | 13952 | 7048 | -93 | 443 | 516 |
| 50 | -7944 | 14856 | -3488 | -165 | 84 | 138 | 2736 | 13936 | 7080 | -275 | 77 | 559 |
| 51 | -2592 | 15692 | -3520 | -88 | 37 | 148 | 2796 | 13880 | 7212 | -191 | 155 | 518 |
| 52 | 724 | 15460 | -3444 | -37 | -43 | 203 | 2652 | 13904 | 7116 | -88 | 263 | 545 |
| 53 | 1800 | 17052 | -3460 | -22 | -11 | 184 | 2664 | 13808 | 7228 | 34 | 328 | 551 |
| 54 | 2484 | 16660 | -3504 | -81 | -25 | 143 | 2692 | 13848 | 7260 | -10 | 202 | 537 |
| 55 | 2752 | 15532 | -3612 | -99 | 1 | 123 | 2680 | 13764 | 7256 | -42 | -275 | 530 |
| 56 | 2184 | 15620 | -3504 | -61 | 5 | 148 | 2652 | 13800 | 7244 | -80 | -359 | 535 |
| 57 | 2160 | 15428 | -3456 | -187 | 27 | 138 | 2684 | 13752 | 7336 | -90 | -26 | 588 |
| 58 | 2068 | 15500 | -3400 | -145 | -10 | 175 | 2668 | 13740 | 7332 | -67 | 31 | 540 |
| 59 | 2644 | 15664 | -4032 | -111 | 10 | 119 | 2760 | 13868 | 7200 | 401 | -288 | 461 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|------|------|-----|
| 60 | 2252 | 16004 | -3784 | -128 | -2 | 122 | 2732 | 13848 | 7180 | 366 | -60 | 503 |
| 61 | 1780 | 16080 | -3940 | -145 | -9 | 156 | 2780 | 13764 | 7208 | 148 | 680 | 588 |
| 62 | 1300 | 16116 | -4092 | -148 | -39 | 111 | 2572 | 13848 | 7224 | -67 | 1469 | 540 |
| 63 | 1204 | 16408 | -4084 | -101 | -34 | 128 | 2632 | 13956 | 7300 | -83 | 1531 | 569 |
| 64 | 1816 | 14856 | -4092 | -148 | 0 | 116 | 2684 | 13812 | 7228 | -38 | 648 | 550 |
| 65 | 1644 | 14856 | -4036 | -173 | 4 | 101 | 2636 | 13852 | 7244 | -91 | -250 | 576 |
| 66 | 1108 | 15692 | -4028 | -188 | -74 | 126 | 2576 | 13908 | 7148 | -152 | -521 | 585 |
| 67 | 1004 | 15460 | -3968 | -99 | -25 | 131 | 2808 | 13836 | 7180 | -108 | -177 | 555 |
| 68 | 1164 | 17052 | -3980 | -185 | 60 | 172 | 2756 | 13852 | 7196 | -5 | -13 | 523 |
| 69 | 1168 | 16660 | -4084 | -168 | -66 | 166 | 2748 | 13800 | 7024 | 41 | -201 | 446 |
| 70 | 1012 | 15532 | -4068 | -172 | -56 | 117 | 2704 | 13908 | 6916 | 5 | -369 | 461 |
| 71 | 1000 | 15620 | -2544 | -171 | 32 | 106 | 2676 | 13820 | 7024 | -42 | -321 | 429 |
| 72 | 1272 | 15428 | -3472 | -208 | 56 | 129 | 2636 | 13912 | 7048 | -31 | -225 | 497 |
| 73 | 1184 | 15500 | -3564 | -206 | 2 | 163 | 2680 | 13840 | 6972 | 71 | 50 | 530 |
| 74 | 1240 | 15664 | -3528 | -187 | -11 | 133 | 2572 | 13892 | 6848 | 73 | -5 | 496 |
| 75 | 1004 | 15808 | -3456 | -155 | -44 | 159 | 2620 | 13908 | 7024 | -93 | -443 | 457 |
| 76 | 992 | 15556 | -3448 | -139 | 3 | 139 | 2708 | 13964 | 7064 | -275 | -571 | 498 |
| 77 | 1052 | 15532 | -3388 | -140 | -103 | 142 | 2656 | 13908 | 7136 | -191 | -332 | 516 |
| 78 | 1272 | 15620 | -3500 | -51 | 83 | 87 | 2664 | 13864 | 7244 | -88 | -245 | 516 |
| 79 | 1112 | 15428 | -3444 | -147 | 71 | 147 | 2716 | 13820 | 7148 | 34 | -230 | 559 |
| 80 | 1164 | 15500 | -3524 | -78 | -11 | 170 | 2664 | 13852 | 7212 | -10 | -224 | 518 |
| 81 | 1256 | 15664 | -3472 | -111 | 32 | 164 | 2780 | 13852 | 7140 | -116 | -382 | 545 |
| 82 | 1320 | 16004 | -3492 | -35 | -75 | 138 | 2692 | 13796 | 7160 | -414 | -168 | 551 |
| 83 | 1172 | 16080 | -3524 | -83 | -65 | 14 | 2776 | 13824 | 7032 | -715 | 37 | 537 |
| 84 | 1092 | 16116 | -3496 | -90 | 11 | 81 | 2556 | 13924 | 7052 | -793 | 192 | 530 |
| 85 | 1076 | 16048 | -2604 | -131 | -84 | 130 | 2652 | 13924 | 7184 | -661 | 85 | 535 |
| 86 | 1296 | 16140 | 2240 | -206 | 2 | 163 | 2680 | 13840 | 6972 | -401 | 95 | 588 |
| 87 | 1272 | 15776 | 4100 | -187 | -11 | 133 | 2572 | 13892 | 6848 | -211 | 143 | 540 |
| 88 | 1088 | 15852 | 2260 | -155 | -44 | 159 | 2620 | 13908 | 7024 | -119 | 81 | 504 |
| 89 | 1272 | 15884 | -4644 | -139 | 3 | 139 | 2708 | 13964 | 7064 | -105 | 30 | 469 |
| 90 | 1800 | 15452 | -7856 | -140 | -103 | 142 | 2656 | 13908 | 7136 | -22 | 42 | 439 |
| 91 | 1568 | 15652 | -3480 | -51 | 83 | 87 | 2664 | 13864 | 7244 | 176 | -7 | 419 |
| 92 | 2260 | 15860 | -3628 | -147 | 71 | 147 | 2716 | 13820 | 7148 | 294 | -31 | 374 |
| 93 | 4120 | 15808 | -3500 | -78 | -11 | 170 | 2664 | 13852 | 7212 | 336 | 171 | 393 |
| 94 | 6044 | 20892 | -3480 | -111 | 32 | 164 | 2780 | 13852 | 7140 | -58 | 272 | 498 |
| 95 | 6492 | 22280 | -3456 | -168 | -66 | 166 | 2748 | 13800 | 7024 | -126 | 118 | 516 |
| 96 | 8268 | 21528 | -3448 | -172 | -56 | 117 | 2704 | 13908 | 6916 | -177 | 29 | 540 |
| 97 | 9084 | 12960 | -3388 | -171 | 32 | 106 | 2676 | 13820 | 7024 | -191 | -18 | 555 |
| 98 | 10724 | 12404 | -3500 | -208 | 56 | 129 | 2636 | 13912 | 7048 | 128 | 80 | 387 |
| 99 | 6492 | 7628 | -3648 | -206 | 2 | 163 | 2680 | 13840 | 6972 | 86 | -48 | 540 |
| 100 | 6968 | 4568 | -3520 | -187 | -11 | 133 | 2572 | 13892 | 6848 | 179 | 180 | 569 |
| 101 | 6084 | 12020 | -3368 | -155 | -44 | 159 | 2620 | 13908 | 7024 | 334 | 239 | 550 |
| 102 | 1568 | 12196 | -3460 | -139 | 3 | 139 | 2708 | 13964 | 7064 | 419 | 334 | 576 |
| 103 | 2260 | 15264 | -3436 | -185 | 60 | 172 | 2756 | 13852 | 7196 | -80 | 5 | 497 |
| 104 | 4120 | 15784 | -3460 | -168 | -66 | 166 | 2748 | 13800 | 7024 | -154 | -66 | 516 |
| 105 | -2640 | 16084 | -3516 | -172 | -56 | 117 | 2704 | 13908 | 6916 | -115 | -39 | 559 |
| 106 | -3036 | 16208 | -2676 | -171 | 32 | 106 | 2676 | 13820 | 7024 | 174 | -26 | 518 |
| 107 | -4104 | 15920 | -2628 | -208 | 56 | 129 | 2636 | 13912 | 7048 | 104 | 9 | 545 |
| 108 | -2836 | 16648 | -2508 | -206 | 2 | 163 | 2680 | 13840 | 6972 | 15 | 39 | 551 |
| 109 | -7080 | 15852 | -2728 | -187 | -11 | 133 | 2572 | 13892 | 6848 | -51 | -26 | 537 |
| 110 | -9452 | 15588 | -2500 | -155 | -44 | 159 | 2620 | 13908 | 7024 | -45 | 93 | 530 |
| 111 | -7944 | 15688 | -2404 | -139 | 3 | 139 | 2708 | 13964 | 7064 | -50 | 86 | 535 |
| 112 | -2592 | 15840 | -2700 | -206 | 2 | 163 | 2680 | 13840 | 6972 | -126 | 2 | 588 |
| 113 | 724 | 15236 | -2768 | -187 | -11 | 133 | 2572 | 13892 | 6848 | 62 | 239 | 498 |
| 114 | 1800 | 15272 | -2784 | -155 | -44 | 159 | 2620 | 13908 | 7024 | -3 | 334 | 516 |
| 115 | 2484 | 15196 | -2580 | -139 | 3 | 139 | 2708 | 13964 | 7064 | -12 | 129 | 516 |
| 116 | 2752 | 15120 | -2708 | -185 | 60 | 172 | 2756 | 13852 | 7196 | 37 | 21 | 559 |
| 117 | 2184 | 15144 | -2788 | -168 | -66 | 166 | 2748 | 13800 | 7024 | 162 | 21 | 530 |
| 118 | 2160 | 15688 | -2728 | -172 | -56 | 117 | 2704 | 13908 | 6916 | 483 | 196 | 535 |
| 119 | 2068 | 15840 | -3088 | -171 | 32 | 106 | 2676 | 13820 | 7024 | 634 | 238 | 382 |
| 120 | 2644 | 15948 | -3028 | -208 | 56 | 129 | 2636 | 13912 | 7048 | 509 | -111 | 376 |

PERBANDINGAN DATA

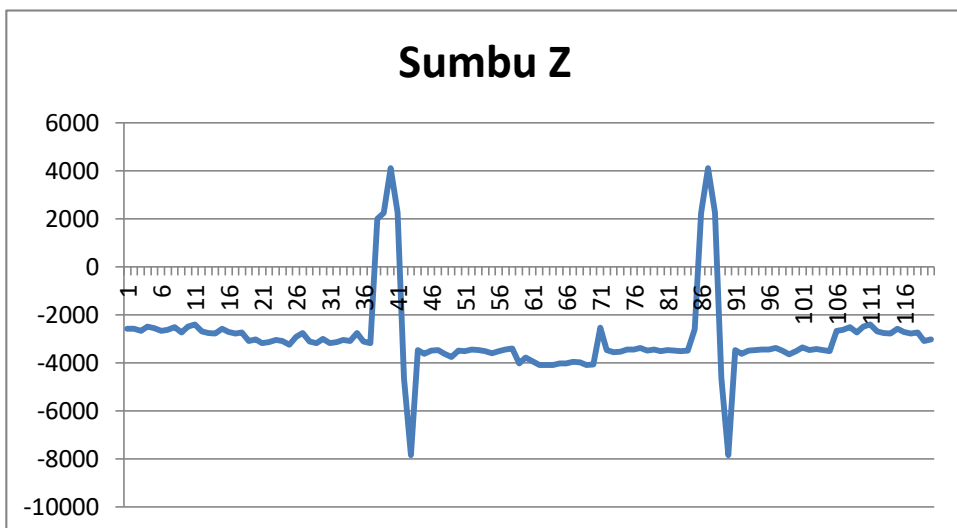
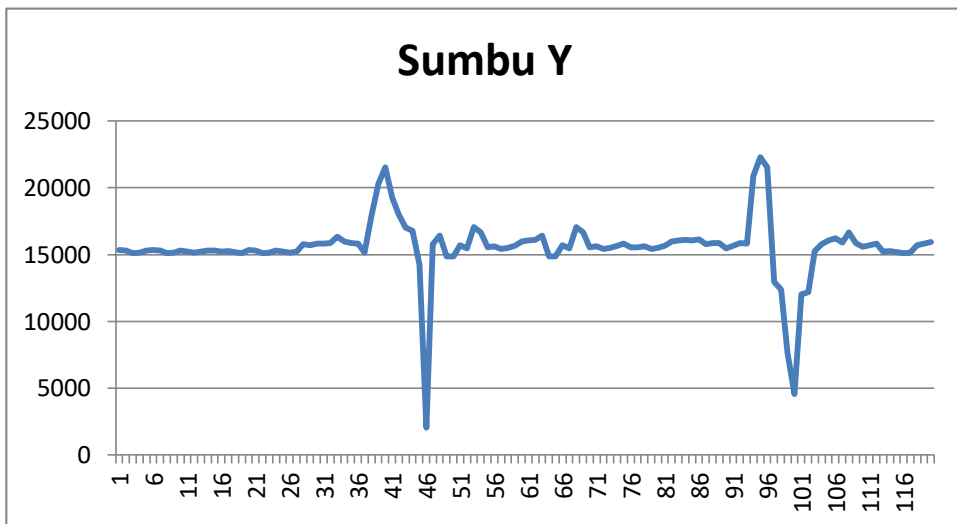
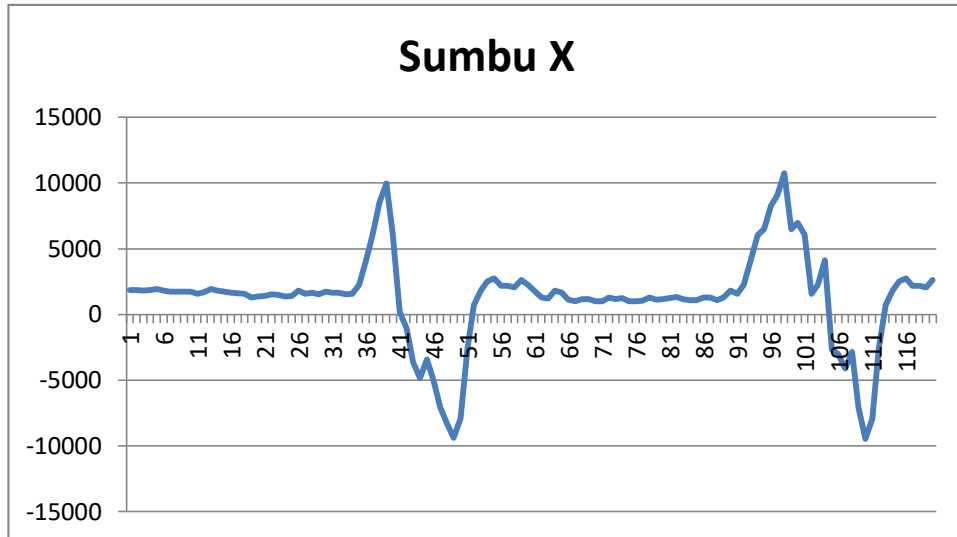
Data /1000

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|--------|--------|-----------|--------|-------|---------------|--------|-------|-----------|--------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1.856 | 15.34 | -2.584 | -0.176 | -0.013 | 0.16 | 2.588 | 13.936 | 7.068 | 0.162 | -0.245 | 0.364 |
| 2 | 1.844 | 15.32 | -2.588 | -0.142 | 0.032 | 0.138 | 2.688 | 13.964 | 7.168 | -0.149 | -0.207 | 0.373 |
| 3 | 1.804 | 15.116 | -2.66 | -0.14 | -0.065 | 0.142 | 2.656 | 13.908 | 7.136 | -0.196 | 0.808 | 0.39 |
| 4 | 1.872 | 15.16 | -2.5 | -0.131 | 0.083 | 0.138 | 2.664 | 13.864 | 7.244 | -0.076 | 0.16 | 0.403 |
| 5 | 1.924 | 15.3 | -2.556 | -0.147 | 0.071 | 0.147 | 2.716 | 13.82 | 7.148 | 0.098 | -0.068 | 0.395 |
| 6 | 1.816 | 15.34 | -2.676 | -0.078 | -0.011 | 0.17 | 2.664 | 13.852 | 7.212 | 0.022 | 0.24 | 0.365 |
| 7 | 1.728 | 15.32 | -2.628 | -0.111 | 0.032 | 0.164 | 2.78 | 13.852 | 7.14 | 0.008 | 0.193 | 0.371 |
| 8 | 1.748 | 15.116 | -2.508 | -0.131 | -0.075 | 0.138 | 2.692 | 13.796 | 7.16 | 0.201 | 0.096 | 0.339 |
| 9 | 1.752 | 15.16 | -2.728 | -0.083 | -0.065 | 0.138 | 2.776 | 13.824 | 7.032 | 0.342 | -0.03 | 0.433 |
| 10 | 1.724 | 15.3 | -2.5 | -0.09 | 0.011 | 0.148 | 2.556 | 13.924 | 7.052 | -0.09 | -0.307 | 0.504 |
| 11 | 1.56 | 15.232 | -2.404 | -0.131 | -0.084 | 0.13 | 2.652 | 13.924 | 7.184 | -0.017 | -0.54 | 0.569 |
| 12 | 1.704 | 15.14 | -2.7 | -0.145 | 0.084 | 0.138 | 2.736 | 13.936 | 7.08 | 0.073 | -0.626 | 0.55 |
| 13 | 1.924 | 15.22 | -2.768 | -0.088 | 0.037 | 0.148 | 2.796 | 13.88 | 7.212 | -0.093 | -1.033 | 0.576 |
| 14 | 1.816 | 15.308 | -2.784 | -0.037 | -0.011 | 0.203 | 2.652 | 13.904 | 7.116 | -0.275 | -0.807 | 0.585 |
| 15 | 1.728 | 15.292 | -2.58 | -0.088 | -0.011 | 0.184 | 2.664 | 13.808 | 7.228 | -0.191 | -0.018 | 0.555 |
| 16 | 1.66 | 15.236 | -2.708 | -0.081 | -0.025 | 0.143 | 2.692 | 13.848 | 7.26 | 0.128 | 0.08 | 0.387 |
| 17 | 1.608 | 15.272 | -2.788 | -0.099 | 0.001 | 0.123 | 2.68 | 13.764 | 7.256 | 0.086 | -0.048 | 0.54 |
| 18 | 1.572 | 15.196 | -2.728 | -0.061 | 0.005 | 0.148 | 2.652 | 13.8 | 7.244 | 0.179 | 0.18 | 0.569 |
| 19 | 1.268 | 15.12 | -3.088 | -0.187 | 0.027 | 0.138 | 2.684 | 13.752 | 7.336 | 0.334 | 0.239 | 0.55 |
| 20 | 1.38 | 15.34 | -3.028 | -0.145 | -0.01 | 0.175 | 2.668 | 13.74 | 7.332 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 21 | 1.388 | 15.32 | -3.18 | -0.111 | 0.01 | 0.119 | 2.76 | 13.868 | 7.2 | -0.08 | 0.005 | 0.497 |
| 22 | 1.532 | 15.116 | -3.14 | -0.128 | -0.002 | 0.122 | 2.732 | 13.848 | 7.18 | -0.154 | -0.066 | 0.516 |
| 23 | 1.488 | 15.16 | -3.052 | -0.145 | -0.009 | 0.156 | 2.78 | 13.764 | 7.208 | -0.115 | -0.039 | 0.559 |
| 24 | 1.36 | 15.3 | -3.096 | -0.148 | -0.039 | 0.111 | 2.572 | 13.848 | 7.224 | 0.174 | -0.026 | 0.518 |
| 25 | 1.428 | 15.232 | -3.252 | -0.101 | -0.034 | 0.128 | 2.632 | 13.956 | 7.3 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 26 | 1.828 | 15.14 | -2.908 | -0.148 | 0 | 0.116 | 2.684 | 13.812 | 7.228 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 27 | 1.588 | 15.22 | -2.756 | -0.173 | 0.004 | 0.101 | 2.636 | 13.852 | 7.244 | -0.051 | -0.026 | 0.537 |
| 28 | 1.636 | 15.804 | -3.104 | -0.188 | -0.074 | 0.126 | 2.576 | 13.908 | 7.148 | -0.045 | 0.093 | 0.53 |
| 29 | 1.512 | 15.72 | -3.176 | -0.099 | -0.025 | 0.131 | 2.808 | 13.836 | 7.18 | -0.05 | 0.086 | 0.535 |
| 30 | 1.716 | 15.828 | -3.008 | -0.178 | 0.001 | 0.124 | 2.664 | 13.84 | 7.14 | -0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 31 | 1.644 | 15.82 | -3.18 | -0.111 | -0.043 | 0.123 | 2.616 | 13.924 | 7.02 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 32 | 1.644 | 15.884 | -3.14 | -0.121 | 0.041 | 0.131 | 2.592 | 13.796 | 7.108 | -0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 33 | 1.548 | 16.336 | -3.052 | -0.083 | -0.002 | 0.127 | 2.608 | 13.92 | 6.98 | -0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 34 | 1.568 | 16 | -3.096 | -0.059 | 0.011 | 0.181 | 2.656 | 13.836 | 7.176 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 35 | 2.26 | 15.88 | -2.756 | -0.107 | 0.04 | 0.121 | 2.592 | 13.744 | 7.108 | -0.249 | 0.044 | 0.439 |
| 36 | 4.12 | 15.816 | -3.104 | -0.117 | -0.015 | 0.163 | 2.76 | 13.76 | 7.208 | -0.301 | 0.028 | 0.419 |
| 37 | 6.044 | 15.144 | -3.176 | -0.135 | -0.008 | 0.137 | 2.592 | 13.864 | 7.072 | -0.057 | 0.101 | 0.374 |
| 38 | 8.492 | 17.892 | 1.987 | -0.185 | 0.06 | 0.172 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | -0.151 | 0.106 | 0.393 |
| 39 | 9.968 | 20.28 | 2.24 | -0.168 | -0.066 | 0.166 | 2.748 | 13.8 | 7.024 | -0.355 | 0.014 | 0.387 |
| 40 | 6.084 | 21.528 | 4.1 | -0.172 | -0.056 | 0.117 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | -0.203 | 0.033 | 0.347 |
| 41 | 0.184 | 19.264 | 2.26 | -0.171 | 0.032 | 0.106 | 2.676 | 13.82 | 7.024 | -0.29 | 0.057 | 0.36 |
| 42 | -1.048 | 18.04 | -4.644 | -0.208 | 0.056 | 0.129 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | -0.05 | -0.01 | 0.551 |
| 43 | -3.616 | 17.024 | -7.856 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | -0.063 | -0.087 | 0.537 |
| 44 | -4.832 | 16.788 | -3.48 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | -0.09 | -0.059 | 0.53 |
| 45 | -3.424 | 14.28 | -3.628 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | -0.067 | -0.206 | 0.496 |
| 46 | -4.956 | 2.048 | -3.5 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | -0.09 | -0.287 | 0.457 |
| 47 | -7.092 | 15.796 | -3.48 | -0.089 | 0.004 | 0.11 | 2.612 | 13.912 | 6.892 | -0.017 | 0.17 | 0.498 |
| 48 | -8.336 | 16.408 | -3.628 | -0.019 | -0.043 | 0.125 | 2.636 | 14.036 | 7.048 | 0.073 | 0.359 | 0.516 |
| 49 | -9.396 | 14.856 | -3.748 | -0.135 | -0.002 | 0.148 | 2.68 | 13.952 | 7.048 | -0.093 | 0.443 | 0.516 |
| 50 | -7.944 | 14.856 | -3.488 | -0.165 | 0.084 | 0.138 | 2.736 | 13.936 | 7.08 | -0.275 | 0.077 | 0.559 |
| 51 | -2.592 | 15.692 | -3.52 | -0.088 | 0.037 | 0.148 | 2.796 | 13.88 | 7.212 | -0.191 | 0.155 | 0.518 |
| 52 | 0.724 | 15.46 | -3.444 | -0.037 | -0.043 | 0.203 | 2.652 | 13.904 | 7.116 | -0.088 | 0.263 | 0.545 |
| 53 | 1.8 | 17.052 | -3.46 | -0.022 | -0.011 | 0.184 | 2.664 | 13.808 | 7.228 | 0.034 | 0.328 | 0.551 |
| 54 | 2.484 | 16.66 | -3.504 | -0.081 | -0.025 | 0.143 | 2.692 | 13.848 | 7.26 | -0.01 | 0.202 | 0.537 |
| 55 | 2.752 | 15.532 | -3.612 | -0.099 | 0.001 | 0.123 | 2.68 | 13.764 | 7.256 | -0.042 | -0.275 | 0.53 |
| 56 | 2.184 | 15.62 | -3.504 | -0.061 | 0.005 | 0.148 | 2.652 | 13.8 | 7.244 | -0.08 | -0.359 | 0.535 |
| 57 | 2.16 | 15.428 | -3.456 | -0.187 | 0.027 | 0.138 | 2.684 | 13.752 | 7.336 | -0.09 | -0.026 | 0.588 |
| 58 | 2.068 | 15.5 | -3.4 | -0.145 | -0.01 | 0.175 | 2.668 | 13.74 | 7.332 | -0.067 | 0.031 | 0.54 |
| 59 | 2.644 | 15.664 | -4.032 | -0.111 | 0.01 | 0.119 | 2.76 | 13.868 | 7.2 | 0.401 | -0.288 | 0.461 |
| 60 | 2.252 | 16.004 | -3.784 | -0.128 | -0.002 | 0.122 | 2.732 | 13.848 | 7.18 | 0.366 | -0.06 | 0.503 |
| 61 | 1.78 | 16.08 | -3.94 | -0.145 | -0.009 | 0.156 | 2.78 | 13.764 | 7.208 | 0.148 | 0.68 | 0.588 |
| 62 | 1.3 | 16.116 | -4.092 | -0.148 | -0.039 | 0.111 | 2.572 | 13.848 | 7.224 | -0.067 | 1.469 | 0.54 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|
| 63 | 1.204 | 16.408 | -4.084 | -0.101 | -0.034 | 0.128 | 2.632 | 13.956 | 7.3 | -0.083 | 1.531 | 0.569 |
| 64 | 1.816 | 14.856 | -4.092 | -0.148 | 0 | 0.116 | 2.684 | 13.812 | 7.228 | -0.038 | 0.648 | 0.55 |
| 65 | 1.644 | 14.856 | -4.036 | -0.173 | 0.004 | 0.101 | 2.636 | 13.852 | 7.244 | -0.091 | -0.25 | 0.576 |
| 66 | 1.108 | 15.692 | -4.028 | -0.188 | -0.074 | 0.126 | 2.576 | 13.908 | 7.148 | -0.152 | -0.521 | 0.585 |
| 67 | 1.004 | 15.46 | -3.968 | -0.099 | -0.025 | 0.131 | 2.808 | 13.836 | 7.18 | -0.108 | -0.177 | 0.555 |
| 68 | 1.164 | 17.052 | -3.98 | -0.185 | 0.06 | 0.172 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | -0.005 | -0.013 | 0.523 |
| 69 | 1.168 | 16.66 | -4.084 | -0.168 | -0.066 | 0.166 | 2.748 | 13.8 | 7.024 | 0.041 | -0.201 | 0.446 |
| 70 | 1.012 | 15.532 | -4.068 | -0.172 | -0.056 | 0.117 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | 0.005 | -0.369 | 0.461 |
| 71 | 1 | 15.62 | -2.544 | -0.171 | 0.032 | 0.106 | 2.676 | 13.82 | 7.024 | -0.042 | -0.321 | 0.429 |
| 72 | 1.272 | 15.428 | -3.472 | -0.208 | 0.056 | 0.129 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | -0.031 | -0.225 | 0.497 |
| 73 | 1.184 | 15.5 | -3.564 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | 0.071 | 0.05 | 0.53 |
| 74 | 1.24 | 15.664 | -3.528 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | 0.073 | -0.005 | 0.496 |
| 75 | 1.004 | 15.808 | -3.456 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | -0.093 | -0.443 | 0.457 |
| 76 | 0.992 | 15.556 | -3.448 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | -0.275 | -0.571 | 0.498 |
| 77 | 1.052 | 15.532 | -3.388 | -0.14 | -0.103 | 0.142 | 2.656 | 13.908 | 7.136 | -0.191 | -0.332 | 0.516 |
| 78 | 1.272 | 15.62 | -3.5 | -0.051 | 0.083 | 0.087 | 2.664 | 13.864 | 7.244 | -0.088 | -0.245 | 0.516 |
| 79 | 1.112 | 15.428 | -3.444 | -0.147 | 0.071 | 0.147 | 2.716 | 13.82 | 7.148 | 0.034 | -0.23 | 0.559 |
| 80 | 1.164 | 15.5 | -3.524 | -0.078 | -0.011 | 0.17 | 2.664 | 13.852 | 7.212 | -0.01 | -0.224 | 0.518 |
| 81 | 1.256 | 15.664 | -3.472 | -0.111 | 0.032 | 0.164 | 2.78 | 13.852 | 7.14 | -0.116 | -0.382 | 0.545 |
| 82 | 1.32 | 16.004 | -3.492 | -0.035 | -0.075 | 0.138 | 2.692 | 13.796 | 7.16 | -0.414 | -0.168 | 0.551 |
| 83 | 1.172 | 16.08 | -3.524 | -0.083 | -0.065 | 0.014 | 2.776 | 13.824 | 7.032 | -0.715 | 0.037 | 0.537 |
| 84 | 1.092 | 16.116 | -3.496 | -0.09 | 0.011 | 0.081 | 2.556 | 13.924 | 7.052 | -0.793 | 0.192 | 0.53 |
| 85 | 1.076 | 16.048 | -2.604 | -0.131 | -0.084 | 0.13 | 2.652 | 13.924 | 7.184 | -0.661 | 0.085 | 0.535 |
| 86 | 1.296 | 16.14 | 2.24 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | -0.401 | 0.095 | 0.588 |
| 87 | 1.272 | 15.776 | 4.1 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | -0.211 | 0.143 | 0.54 |
| 88 | 1.088 | 15.852 | 2.26 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | -0.119 | 0.081 | 0.504 |
| 89 | 1.272 | 15.884 | -4.644 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | -0.105 | 0.03 | 0.469 |
| 90 | 1.8 | 15.452 | -7.856 | -0.14 | -0.103 | 0.142 | 2.656 | 13.908 | 7.136 | -0.022 | 0.042 | 0.439 |
| 91 | 1.568 | 15.652 | -3.48 | -0.051 | 0.083 | 0.087 | 2.664 | 13.864 | 7.244 | 0.176 | -0.007 | 0.419 |
| 92 | 2.26 | 15.86 | -3.628 | -0.147 | 0.071 | 0.147 | 2.716 | 13.82 | 7.148 | 0.294 | -0.031 | 0.374 |
| 93 | 4.12 | 15.808 | -3.5 | -0.078 | -0.011 | 0.17 | 2.664 | 13.852 | 7.212 | 0.336 | 0.171 | 0.393 |
| 94 | 6.044 | 20.892 | -3.48 | -0.111 | 0.032 | 0.164 | 2.78 | 13.852 | 7.14 | -0.058 | 0.272 | 0.498 |
| 95 | 6.492 | 22.28 | -3.456 | -0.168 | -0.066 | 0.166 | 2.748 | 13.8 | 7.024 | -0.126 | 0.118 | 0.516 |
| 96 | 8.268 | 21.528 | -3.448 | -0.172 | -0.056 | 0.117 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | -0.177 | 0.029 | 0.54 |
| 97 | 9.084 | 12.96 | -3.388 | -0.171 | 0.032 | 0.106 | 2.676 | 13.82 | 7.024 | -0.191 | -0.018 | 0.555 |
| 98 | 10.724 | 12.404 | -3.5 | -0.208 | 0.056 | 0.129 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | 0.128 | 0.08 | 0.387 |
| 99 | 6.492 | 7.628 | -3.648 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | 0.086 | -0.048 | 0.54 |
| 100 | 6.968 | 4.568 | -3.52 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | 0.179 | 0.18 | 0.569 |
| 101 | 6.084 | 12.02 | -3.368 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | 0.334 | 0.239 | 0.55 |
| 102 | 1.568 | 12.196 | -3.46 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 103 | 2.26 | 15.264 | -3.436 | -0.185 | 0.06 | 0.172 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | -0.08 | 0.005 | 0.497 |
| 104 | 4.12 | 15.784 | -3.46 | -0.168 | -0.066 | 0.166 | 2.748 | 13.8 | 7.024 | -0.154 | -0.066 | 0.516 |
| 105 | -2.64 | 16.084 | -3.516 | -0.172 | -0.056 | 0.117 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | -0.115 | -0.039 | 0.559 |
| 106 | -3.036 | 16.208 | -2.676 | -0.171 | 0.032 | 0.106 | 2.676 | 13.82 | 7.024 | 0.174 | -0.026 | 0.518 |
| 107 | -4.104 | 15.92 | -2.628 | -0.208 | 0.056 | 0.129 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 108 | -2.836 | 16.648 | -2.508 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 109 | -7.08 | 15.852 | -2.728 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | -0.051 | -0.026 | 0.537 |
| 110 | -9.452 | 15.588 | -2.5 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | -0.045 | 0.093 | 0.53 |
| 111 | -7.944 | 15.688 | -2.404 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | -0.05 | 0.086 | 0.535 |
| 112 | -2.592 | 15.84 | -2.7 | -0.206 | 0.002 | 0.163 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | -0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 113 | 0.724 | 15.236 | -2.768 | -0.187 | -0.011 | 0.133 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 114 | 1.8 | 15.272 | -2.784 | -0.155 | -0.044 | 0.159 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | -0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 115 | 2.484 | 15.196 | -2.58 | -0.139 | 0.003 | 0.139 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | -0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 116 | 2.752 | 15.12 | -2.708 | -0.185 | 0.06 | 0.172 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 117 | 2.184 | 15.144 | -2.788 | -0.168 | -0.066 | 0.166 | 2.748 | 13.8 | 7.024 | 0.162 | 0.021 | 0.53 |
| 118 | 2.16 | 15.688 | -2.728 | -0.172 | -0.056 | 0.117 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | 0.483 | 0.196 | 0.535 |
| 119 | 2.068 | 15.84 | -3.088 | -0.171 | 0.032 | 0.106 | 2.676 | 13.82 | 7.024 | 0.634 | 0.238 | 0.382 |
| 120 | 2.644 | 15.948 | -3.028 | -0.208 | 0.056 | 0.129 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | 0.509 | -0.111 | 0.376 |

DATA SIMULASI BENAR 1

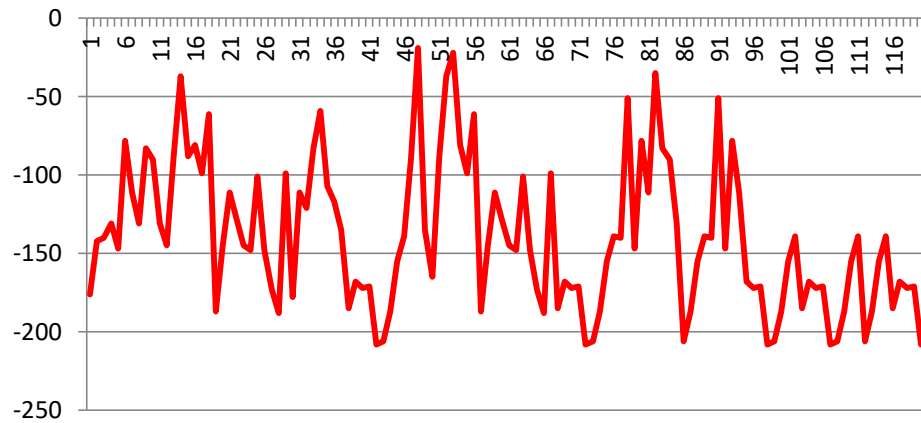
ACCELEROMETER



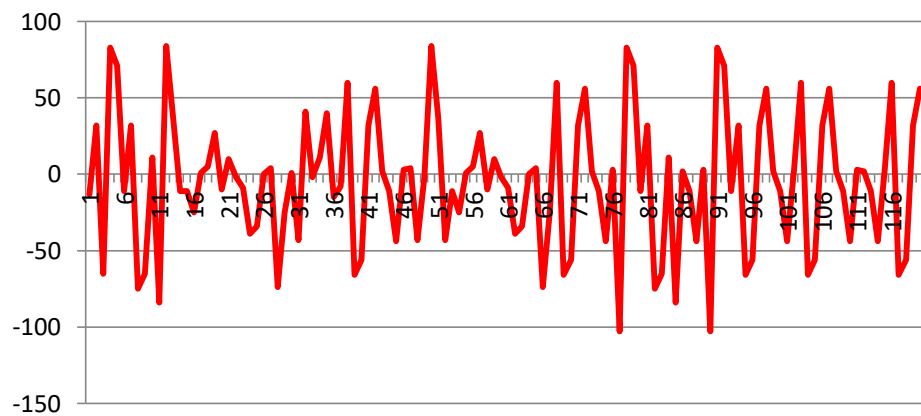
DATA SIMULASI BENAR 1

GYROSCOPE

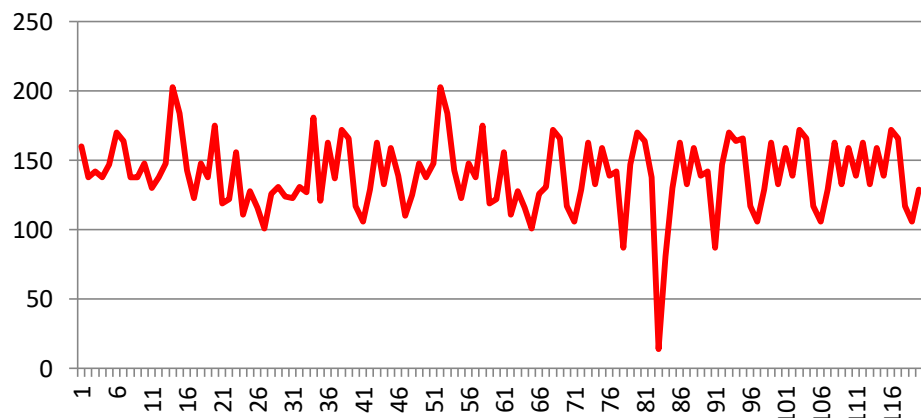
Sumbu X



Sumbu Y



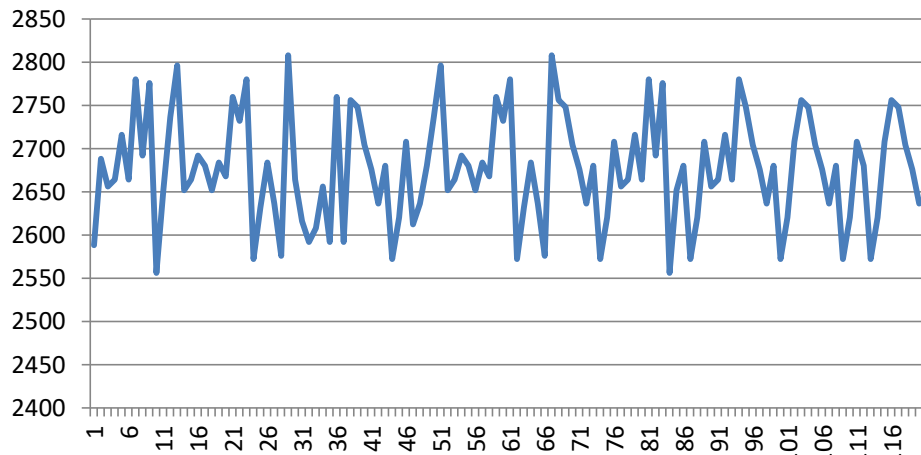
Sumbu Z



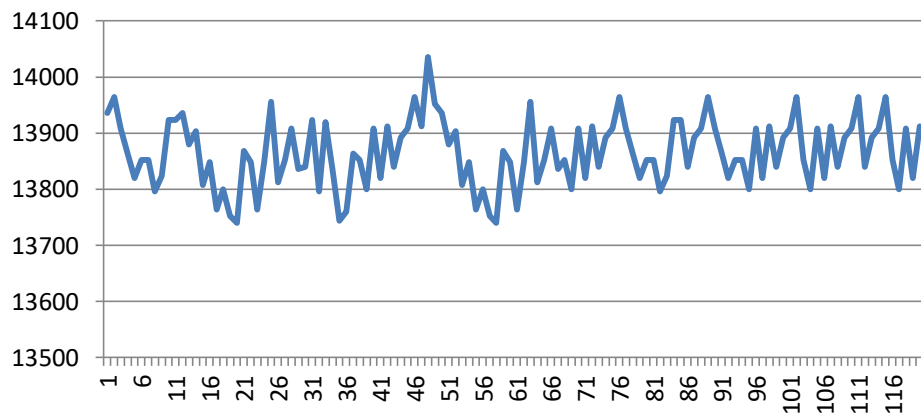
DATA SIMULASI SALAH

ACCELEROMETER

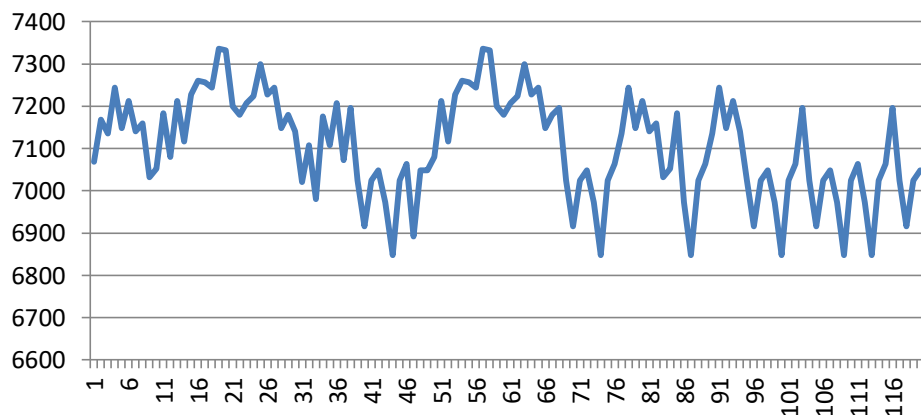
Sumbu X



Sumbu Y



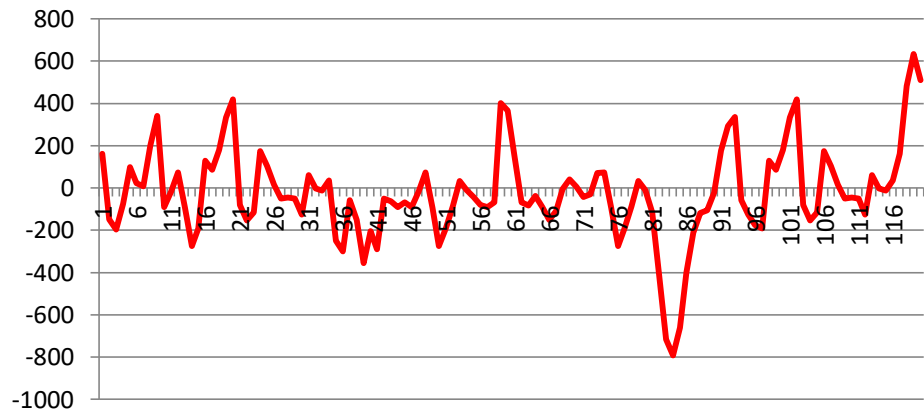
Sumbu Z



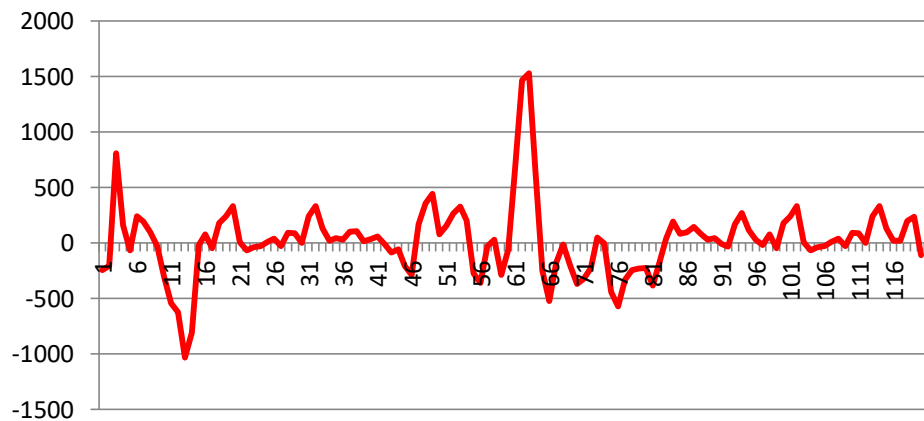
DATA SIMULASI SALAH

GYROSCOPE

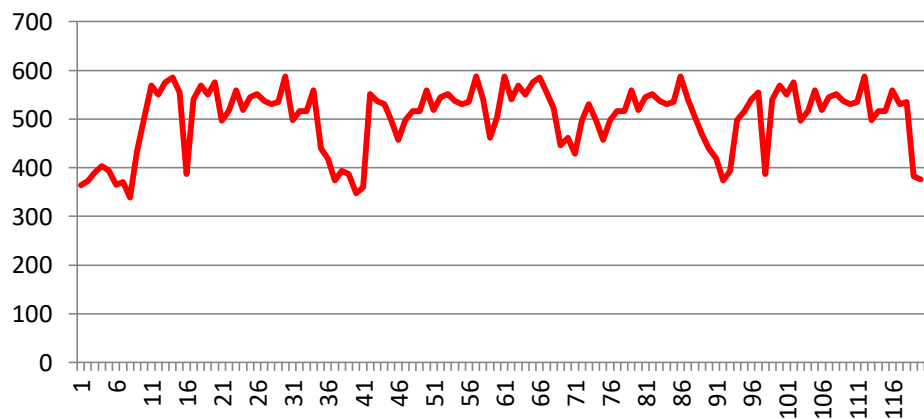
Sumbu X



Sumbu Y



Sumbu Z



| No. | ERROR | | | | | | ERROR KUADRAT | | | | | |
|-----|---------------|---------|---------|-----------|--------|--------|---------------|---------|---------|-----------|-------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | -0.732 | 1.404 | -9.652 | -0.338 | 0.232 | -0.204 | 0.536 | 1.971 | 93.161 | 0.114 | 0.054 | 0.042 |
| 2 | -0.844 | 1.356 | -9.756 | 0.007 | 0.239 | -0.235 | 0.712 | 1.839 | 95.180 | 0.000 | 0.057 | 0.055 |
| 3 | -0.852 | 1.208 | -9.796 | 0.056 | -0.873 | -0.248 | 0.726 | 1.459 | 95.962 | 0.003 | 0.762 | 0.062 |
| 4 | -0.792 | 1.296 | -9.744 | -0.055 | -0.077 | -0.265 | 0.627 | 1.680 | 94.946 | 0.003 | 0.006 | 0.070 |
| 5 | -0.792 | 1.48 | -9.704 | -0.245 | 0.139 | -0.248 | 0.627 | 2.190 | 94.168 | 0.060 | 0.019 | 0.062 |
| 6 | -0.848 | 1.488 | -9.888 | -0.1 | -0.251 | -0.195 | 0.719 | 2.214 | 97.773 | 0.010 | 0.063 | 0.038 |
| 7 | -1.052 | 1.468 | -9.768 | -0.119 | -0.161 | -0.207 | 1.107 | 2.155 | 95.414 | 0.014 | 0.026 | 0.043 |
| 8 | -0.944 | 1.32 | -9.668 | -0.332 | -0.171 | -0.201 | 0.891 | 1.742 | 93.470 | 0.110 | 0.029 | 0.040 |
| 9 | -1.024 | 1.336 | -9.76 | -0.425 | -0.035 | -0.295 | 1.049 | 1.785 | 95.258 | 0.181 | 0.001 | 0.087 |
| 10 | -0.832 | 1.376 | -9.552 | 0 | 0.318 | -0.356 | 0.692 | 1.893 | 91.241 | 0.000 | 0.101 | 0.127 |
| 11 | -1.092 | 1.308 | -9.588 | -0.114 | 0.456 | -0.439 | 1.192 | 1.711 | 91.930 | 0.013 | 0.208 | 0.193 |
| 12 | -1.032 | 1.204 | -9.78 | -0.218 | 0.71 | -0.412 | 1.065 | 1.450 | 95.648 | 0.048 | 0.504 | 0.170 |
| 13 | -0.872 | 1.34 | -9.98 | 0.005 | 1.07 | -0.428 | 0.760 | 1.796 | 99.600 | 0.000 | 1.145 | 0.183 |
| 14 | -0.836 | 1.404 | -9.9 | 0.238 | 0.796 | -0.382 | 0.699 | 1.971 | 98.010 | 0.057 | 0.634 | 0.146 |
| 15 | -0.936 | 1.484 | -9.808 | 0.103 | 0.007 | -0.371 | 0.876 | 2.202 | 96.197 | 0.011 | 0.000 | 0.138 |
| 16 | -1.032 | 1.388 | -9.968 | -0.209 | -0.105 | -0.244 | 1.065 | 1.927 | 99.361 | 0.044 | 0.011 | 0.060 |
| 17 | -1.072 | 1.508 | -10.044 | -0.185 | 0.049 | -0.417 | 1.149 | 2.274 | 100.882 | 0.034 | 0.002 | 0.174 |
| 18 | -1.08 | 1.396 | -9.972 | -0.24 | -0.175 | -0.421 | 1.166 | 1.949 | 99.441 | 0.058 | 0.031 | 0.177 |
| 19 | -1.416 | 1.368 | -10.424 | -0.521 | -0.212 | -0.412 | 2.005 | 1.871 | 108.660 | 0.271 | 0.045 | 0.170 |
| 20 | -1.288 | 1.6 | -10.36 | -0.564 | -0.344 | -0.401 | 1.659 | 2.560 | 107.330 | 0.318 | 0.118 | 0.161 |
| 21 | -1.372 | 1.452 | -10.38 | -0.031 | 0.005 | -0.378 | 1.882 | 2.108 | 107.744 | 0.001 | 0.000 | 0.143 |
| 22 | -1.2 | 1.268 | -10.32 | 0.026 | 0.064 | -0.394 | 1.440 | 1.608 | 106.502 | 0.001 | 0.004 | 0.155 |
| 23 | -1.292 | 1.396 | -10.26 | -0.03 | 0.03 | -0.403 | 1.669 | 1.949 | 105.268 | 0.001 | 0.001 | 0.162 |
| 24 | -1.212 | 1.452 | -10.32 | -0.322 | -0.013 | -0.407 | 1.469 | 2.108 | 106.502 | 0.104 | 0.000 | 0.166 |
| 25 | -1.204 | 1.276 | -10.552 | -0.205 | -0.043 | -0.417 | 1.450 | 1.628 | 111.345 | 0.042 | 0.002 | 0.174 |
| 26 | -0.856 | 1.328 | -10.136 | -0.163 | -0.039 | -0.435 | 0.733 | 1.764 | 102.738 | 0.027 | 0.002 | 0.189 |
| 27 | -1.048 | 1.368 | -10 | -0.122 | 0.03 | -0.436 | 1.098 | 1.871 | 100.000 | 0.015 | 0.001 | 0.190 |
| 28 | -0.94 | 1.896 | -10.252 | -0.143 | -0.167 | -0.404 | 0.884 | 3.595 | 105.104 | 0.020 | 0.028 | 0.163 |
| 29 | -1.296 | 1.884 | -10.356 | -0.049 | -0.111 | -0.404 | 1.680 | 3.549 | 107.247 | 0.002 | 0.012 | 0.163 |
| 30 | -0.948 | 1.988 | -10.148 | -0.052 | -0.001 | -0.464 | 0.899 | 3.952 | 102.982 | 0.003 | 0.000 | 0.215 |
| 31 | -0.972 | 1.896 | -10.2 | -0.173 | -0.282 | -0.375 | 0.945 | 3.595 | 104.040 | 0.030 | 0.080 | 0.141 |
| 32 | -0.948 | 2.088 | -10.248 | -0.118 | -0.293 | -0.385 | 0.899 | 4.360 | 105.022 | 0.014 | 0.086 | 0.148 |
| 33 | -1.06 | 2.416 | -10.032 | -0.071 | -0.131 | -0.389 | 1.124 | 5.837 | 100.641 | 0.005 | 0.017 | 0.151 |
| 34 | -1.088 | 2.164 | -10.272 | -0.096 | -0.01 | -0.378 | 1.184 | 4.683 | 105.514 | 0.009 | 0.000 | 0.143 |
| 35 | -0.332 | 2.136 | -9.864 | 0.142 | -0.004 | -0.318 | 0.110 | 4.562 | 97.298 | 0.020 | 0.000 | 0.101 |
| 36 | 1.36 | 2.056 | -10.312 | 0.184 | -0.043 | -0.256 | 1.850 | 4.227 | 106.337 | 0.034 | 0.002 | 0.066 |
| 37 | 3.452 | 1.28 | -10.248 | -0.078 | -0.109 | -0.237 | 11.916 | 1.638 | 105.022 | 0.006 | 0.012 | 0.056 |
| 38 | 5.736 | 4.04 | -5.209 | -0.034 | -0.046 | -0.221 | 32.902 | 16.322 | 27.134 | 0.001 | 0.002 | 0.049 |
| 39 | 7.22 | 6.48 | -4.784 | 0.187 | -0.08 | -0.221 | 52.128 | 41.990 | 22.887 | 0.035 | 0.006 | 0.049 |
| 40 | 3.38 | 7.62 | -2.816 | 0.031 | -0.089 | -0.23 | 11.424 | 58.064 | 7.930 | 0.001 | 0.008 | 0.053 |
| 41 | -2.492 | 5.444 | -4.764 | 0.119 | -0.025 | -0.254 | 6.210 | 29.637 | 22.696 | 0.014 | 0.001 | 0.065 |
| 42 | -3.684 | 4.128 | -11.692 | -0.158 | 0.066 | -0.422 | 13.572 | 17.040 | 136.703 | 0.025 | 0.004 | 0.178 |
| 43 | -6.296 | 3.184 | -14.828 | -0.143 | 0.089 | -0.374 | 39.640 | 10.138 | 219.870 | 0.020 | 0.008 | 0.140 |
| 44 | -7.404 | 2.896 | -10.328 | -0.097 | 0.048 | -0.397 | 54.819 | 8.387 | 106.668 | 0.009 | 0.002 | 0.158 |
| 45 | -6.044 | 0.372 | -10.652 | -0.088 | 0.162 | -0.337 | 36.530 | 0.138 | 113.465 | 0.008 | 0.026 | 0.114 |
| 46 | -7.664 | -11.916 | -10.564 | -0.049 | 0.29 | -0.318 | 58.737 | 141.991 | 111.598 | 0.002 | 0.084 | 0.101 |
| 47 | -9.704 | 1.884 | -10.372 | -0.072 | -0.166 | -0.388 | 94.168 | 3.549 | 107.578 | 0.005 | 0.028 | 0.151 |
| 48 | -10.972 | 2.372 | -10.676 | -0.092 | -0.402 | -0.391 | 120.385 | 5.626 | 113.977 | 0.008 | 0.162 | 0.153 |
| 49 | -12.076 | 0.904 | -10.796 | -0.042 | -0.445 | -0.368 | 145.830 | 0.817 | 116.554 | 0.002 | 0.198 | 0.135 |
| 50 | -10.68 | 0.92 | -10.568 | 0.11 | 0.007 | -0.421 | 114.062 | 0.846 | 111.683 | 0.012 | 0.000 | 0.177 |
| 51 | -5.388 | 1.812 | -10.732 | 0.103 | -0.118 | -0.37 | 29.031 | 3.283 | 115.176 | 0.011 | 0.014 | 0.137 |
| 52 | -1.928 | 1.556 | -10.56 | 0.051 | -0.306 | -0.342 | 3.717 | 2.421 | 111.514 | 0.003 | 0.094 | 0.117 |
| 53 | -0.864 | 3.244 | -10.688 | -0.056 | -0.339 | -0.367 | 0.746 | 10.524 | 114.233 | 0.003 | 0.115 | 0.135 |
| 54 | -0.208 | 2.812 | -10.764 | -0.071 | -0.227 | -0.394 | 0.043 | 7.907 | 115.864 | 0.005 | 0.052 | 0.155 |
| 55 | 0.072 | 1.768 | -10.868 | -0.057 | 0.276 | -0.407 | 0.005 | 3.126 | 118.113 | 0.003 | 0.076 | 0.166 |
| 56 | -0.468 | 1.82 | -10.748 | 0.019 | 0.364 | -0.387 | 0.219 | 3.312 | 115.520 | 0.000 | 0.132 | 0.150 |
| 57 | -0.524 | 1.676 | -10.792 | -0.097 | 0.053 | -0.45 | 0.275 | 2.809 | 116.467 | 0.009 | 0.003 | 0.203 |
| 58 | -0.6 | 1.76 | -10.732 | -0.078 | -0.041 | -0.365 | 0.360 | 3.098 | 115.176 | 0.006 | 0.002 | 0.133 |
| 59 | -0.116 | 1.796 | -11.232 | -0.512 | 0.298 | -0.342 | 0.013 | 3.226 | 126.158 | 0.262 | 0.089 | 0.117 |
| 60 | -0.48 | 2.156 | -10.964 | -0.494 | 0.058 | -0.381 | 0.230 | 4.648 | 120.209 | 0.244 | 0.003 | 0.145 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|---------|---------|--------|--------|-------|
| 61 | -1 | 2.316 | -11.148 | -0.293 | -0.689 | -0.432 | 1.000 | 5.364 | 124.278 | 0.086 | 0.475 | 0.187 |
| 62 | -1.272 | 2.268 | -11.316 | -0.081 | -1.508 | -0.429 | 1.618 | 5.144 | 128.052 | 0.007 | 2.274 | 0.184 |
| 63 | -1.428 | 2.452 | -11.384 | -0.018 | -1.565 | -0.441 | 2.039 | 6.012 | 129.595 | 0.000 | 2.449 | 0.194 |
| 64 | -0.868 | 1.044 | -11.32 | -0.11 | -0.648 | -0.434 | 0.753 | 1.090 | 128.142 | 0.012 | 0.420 | 0.188 |
| 65 | -0.992 | 1.004 | -11.28 | -0.082 | 0.254 | -0.475 | 0.984 | 1.008 | 127.238 | 0.007 | 0.065 | 0.226 |
| 66 | -1.468 | 1.784 | -11.176 | -0.036 | 0.447 | -0.459 | 2.155 | 3.183 | 124.903 | 0.001 | 0.200 | 0.211 |
| 67 | -1.804 | 1.624 | -11.148 | 0.009 | 0.152 | -0.424 | 3.254 | 2.637 | 124.278 | 0.000 | 0.023 | 0.180 |
| 68 | -1.592 | 3.2 | -11.176 | -0.18 | 0.073 | -0.351 | 2.534 | 10.240 | 124.903 | 0.032 | 0.005 | 0.123 |
| 69 | -1.58 | 2.86 | -11.108 | -0.209 | 0.135 | -0.28 | 2.496 | 8.180 | 123.388 | 0.044 | 0.018 | 0.078 |
| 70 | -1.692 | 1.624 | -10.984 | -0.177 | 0.313 | -0.344 | 2.863 | 2.637 | 120.648 | 0.031 | 0.098 | 0.118 |
| 71 | -1.676 | 1.8 | -9.568 | -0.129 | 0.353 | -0.323 | 2.809 | 3.240 | 91.547 | 0.017 | 0.125 | 0.104 |
| 72 | -1.364 | 1.516 | -10.52 | -0.177 | 0.281 | -0.368 | 1.860 | 2.298 | 110.670 | 0.031 | 0.079 | 0.135 |
| 73 | -1.496 | 1.66 | -10.536 | -0.277 | -0.048 | -0.367 | 2.238 | 2.756 | 111.007 | 0.077 | 0.002 | 0.135 |
| 74 | -1.332 | 1.772 | -10.376 | -0.26 | -0.006 | -0.363 | 1.774 | 3.140 | 107.661 | 0.068 | 0.000 | 0.132 |
| 75 | -1.616 | 1.9 | -10.48 | -0.062 | 0.399 | -0.298 | 2.611 | 3.610 | 109.830 | 0.004 | 0.159 | 0.089 |
| 76 | -1.716 | 1.592 | -10.512 | 0.136 | 0.574 | -0.359 | 2.945 | 2.534 | 110.502 | 0.018 | 0.329 | 0.129 |
| 77 | -1.604 | 1.624 | -10.524 | 0.051 | 0.229 | -0.374 | 2.573 | 2.637 | 110.755 | 0.003 | 0.052 | 0.140 |
| 78 | -1.392 | 1.756 | -10.744 | 0.037 | 0.328 | -0.429 | 1.938 | 3.084 | 115.434 | 0.001 | 0.108 | 0.184 |
| 79 | -1.604 | 1.608 | -10.592 | -0.181 | 0.301 | -0.412 | 2.573 | 2.586 | 112.190 | 0.033 | 0.091 | 0.170 |
| 80 | -1.5 | 1.648 | -10.736 | -0.068 | 0.213 | -0.348 | 2.250 | 2.716 | 115.262 | 0.005 | 0.045 | 0.121 |
| 81 | -1.524 | 1.812 | -10.612 | 0.005 | 0.414 | -0.381 | 2.323 | 3.283 | 112.615 | 0.000 | 0.171 | 0.145 |
| 82 | -1.372 | 2.208 | -10.652 | 0.379 | 0.093 | -0.413 | 1.882 | 4.875 | 113.465 | 0.144 | 0.009 | 0.171 |
| 83 | -1.604 | 2.256 | -10.556 | 0.632 | -0.102 | -0.523 | 2.573 | 5.090 | 111.429 | 0.399 | 0.010 | 0.274 |
| 84 | -1.464 | 2.192 | -10.548 | 0.703 | -0.181 | -0.449 | 2.143 | 4.805 | 111.260 | 0.494 | 0.033 | 0.202 |
| 85 | -1.576 | 2.124 | -9.788 | 0.53 | -0.169 | -0.405 | 2.484 | 4.511 | 95.805 | 0.281 | 0.029 | 0.164 |
| 86 | -1.384 | 2.3 | -4.732 | 0.195 | -0.093 | -0.425 | 1.915 | 5.290 | 22.392 | 0.038 | 0.009 | 0.181 |
| 87 | -1.3 | 1.884 | -2.748 | 0.024 | -0.154 | -0.407 | 1.690 | 3.549 | 7.552 | 0.001 | 0.024 | 0.166 |
| 88 | -1.532 | 1.944 | -4.764 | -0.036 | -0.125 | -0.345 | 2.347 | 3.779 | 22.696 | 0.001 | 0.016 | 0.119 |
| 89 | -1.436 | 1.92 | -11.708 | -0.034 | -0.027 | -0.33 | 2.062 | 3.686 | 137.077 | 0.001 | 0.001 | 0.109 |
| 90 | -0.856 | 1.544 | -14.992 | -0.118 | -0.145 | -0.297 | 0.733 | 2.384 | 224.760 | 0.014 | 0.021 | 0.088 |
| 91 | -1.096 | 1.788 | -10.724 | -0.227 | 0.09 | -0.332 | 1.201 | 3.197 | 115.004 | 0.052 | 0.008 | 0.110 |
| 92 | -0.456 | 2.04 | -10.776 | -0.441 | 0.102 | -0.227 | 0.208 | 4.162 | 116.122 | 0.194 | 0.010 | 0.052 |
| 93 | 1.456 | 1.956 | -10.712 | -0.414 | -0.182 | -0.223 | 2.120 | 3.826 | 114.747 | 0.171 | 0.033 | 0.050 |
| 94 | 3.264 | 7.04 | -10.62 | -0.053 | -0.24 | -0.334 | 10.654 | 49.562 | 112.784 | 0.003 | 0.058 | 0.112 |
| 95 | 3.744 | 8.48 | -10.48 | -0.042 | -0.184 | -0.35 | 14.018 | 71.910 | 109.830 | 0.002 | 0.034 | 0.123 |
| 96 | 5.564 | 7.62 | -10.364 | 0.005 | -0.085 | -0.423 | 30.958 | 58.064 | 107.412 | 0.000 | 0.007 | 0.179 |
| 97 | 6.408 | -0.86 | -10.412 | 0.02 | 0.05 | -0.449 | 41.062 | 0.740 | 108.410 | 0.000 | 0.003 | 0.202 |
| 98 | 8.088 | -1.508 | -10.548 | -0.336 | -0.024 | -0.258 | 65.416 | 2.274 | 111.260 | 0.113 | 0.001 | 0.067 |
| 99 | 3.812 | -6.212 | -10.62 | -0.292 | 0.05 | -0.377 | 14.531 | 38.589 | 112.784 | 0.085 | 0.003 | 0.142 |
| 100 | 4.396 | -9.324 | -10.368 | -0.366 | -0.191 | -0.436 | 19.325 | 86.937 | 107.495 | 0.134 | 0.036 | 0.190 |
| 101 | 3.464 | -1.888 | -10.392 | -0.489 | -0.283 | -0.391 | 11.999 | 3.565 | 107.994 | 0.239 | 0.080 | 0.153 |
| 102 | -1.14 | -1.768 | -10.524 | -0.558 | -0.331 | -0.437 | 1.300 | 3.126 | 110.755 | 0.311 | 0.110 | 0.191 |
| 103 | -0.496 | 1.412 | -10.632 | -0.105 | 0.055 | -0.325 | 0.246 | 1.994 | 113.039 | 0.011 | 0.003 | 0.106 |
| 104 | 1.372 | 1.984 | -10.484 | -0.014 | 0 | -0.35 | 1.882 | 3.936 | 109.914 | 0.000 | 0.000 | 0.123 |
| 105 | -5.344 | 2.176 | -10.432 | -0.057 | -0.017 | -0.442 | 28.558 | 4.735 | 108.827 | 0.003 | 0.000 | 0.195 |
| 106 | -5.712 | 2.388 | -9.7 | -0.345 | 0.058 | -0.412 | 32.627 | 5.703 | 94.090 | 0.119 | 0.003 | 0.170 |
| 107 | -6.74 | 2.008 | -9.676 | -0.312 | 0.047 | -0.416 | 45.428 | 4.032 | 93.625 | 0.097 | 0.002 | 0.173 |
| 108 | -5.516 | 2.808 | -9.48 | -0.221 | -0.037 | -0.388 | 30.426 | 7.885 | 89.870 | 0.049 | 0.001 | 0.151 |
| 109 | -9.652 | 1.96 | -9.576 | -0.136 | 0.015 | -0.404 | 93.161 | 3.842 | 91.700 | 0.018 | 0.000 | 0.163 |
| 110 | -12.072 | 1.68 | -9.524 | -0.11 | -0.137 | -0.371 | 145.733 | 2.822 | 90.707 | 0.012 | 0.019 | 0.138 |
| 111 | -10.652 | 1.724 | -9.468 | -0.089 | -0.083 | -0.396 | 113.465 | 2.972 | 89.643 | 0.008 | 0.007 | 0.157 |
| 112 | -5.272 | 2 | -9.672 | -0.08 | 0 | -0.425 | 27.794 | 4.000 | 93.548 | 0.006 | 0.000 | 0.181 |
| 113 | -1.848 | 1.344 | -9.616 | -0.249 | -0.25 | -0.365 | 3.415 | 1.806 | 92.467 | 0.062 | 0.063 | 0.133 |
| 114 | -0.82 | 1.364 | -9.808 | -0.152 | -0.378 | -0.357 | 0.672 | 1.860 | 96.197 | 0.023 | 0.143 | 0.127 |
| 115 | -0.224 | 1.232 | -9.644 | -0.127 | -0.126 | -0.377 | 0.050 | 1.518 | 93.007 | 0.016 | 0.016 | 0.142 |
| 116 | -0.004 | 1.268 | -9.904 | -0.222 | 0.039 | -0.387 | 0.000 | 1.608 | 98.089 | 0.049 | 0.002 | 0.150 |
| 117 | -0.564 | 1.344 | -9.812 | -0.33 | -0.087 | -0.364 | 0.318 | 1.806 | 96.275 | 0.109 | 0.008 | 0.132 |
| 118 | -0.544 | 1.78 | -9.644 | -0.655 | -0.252 | -0.418 | 0.296 | 3.168 | 93.007 | 0.429 | 0.064 | 0.175 |
| 119 | -0.608 | 2.02 | -10.112 | -0.805 | -0.206 | -0.276 | 0.370 | 4.080 | 102.253 | 0.648 | 0.042 | 0.076 |
| 120 | 0.008 | 2.036 | -10.076 | -0.717 | 0.167 | -0.247 | 0.000 | 4.145 | 101.526 | 0.514 | 0.028 | 0.061 |
| jmlh | -171.73 | 202.92 | -1208.66 | -13.82 | -3.39 | -43.65 | 2141.588 | 821.514 | 571.864 | 12.016 | 27.304 | 1.586 |

| No. | ERROR | | | | | | ERROR /Data Awal | | | | | |
|-----|---------------|--------|--------|-----------|-------|-------|------------------|--------|-------|-----------|-------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 0.732 | 1.404 | 9.652 | 0.338 | 0.232 | 0.204 | 2.588 | 13.936 | 7.068 | 0.162 | 0.245 | 0.364 |
| 2 | 0.844 | 1.356 | 9.756 | 0.007 | 0.239 | 0.235 | 2.688 | 13.964 | 7.168 | 0.149 | 0.207 | 0.373 |
| 3 | 0.852 | 1.208 | 9.796 | 0.056 | 0.873 | 0.248 | 2.656 | 13.908 | 7.136 | 0.196 | 0.808 | 0.390 |
| 4 | 0.792 | 1.296 | 9.744 | 0.055 | 0.077 | 0.265 | 2.664 | 13.864 | 7.244 | 0.076 | 0.160 | 0.403 |
| 5 | 0.792 | 1.480 | 9.704 | 0.245 | 0.139 | 0.248 | 2.716 | 13.820 | 7.148 | 0.098 | 0.068 | 0.395 |
| 6 | 0.848 | 1.488 | 9.888 | 0.100 | 0.251 | 0.195 | 2.664 | 13.852 | 7.212 | 0.022 | 0.240 | 0.365 |
| 7 | 1.052 | 1.468 | 9.768 | 0.119 | 0.161 | 0.207 | 2.780 | 13.852 | 7.140 | 0.008 | 0.193 | 0.371 |
| 8 | 0.944 | 1.320 | 9.668 | 0.332 | 0.171 | 0.201 | 2.692 | 13.796 | 7.160 | 0.201 | 0.096 | 0.339 |
| 9 | 1.024 | 1.336 | 9.760 | 0.425 | 0.035 | 0.295 | 2.776 | 13.824 | 7.032 | 0.342 | 0.030 | 0.433 |
| 10 | 0.832 | 1.376 | 9.552 | 0.000 | 0.318 | 0.356 | 2.556 | 13.924 | 7.052 | 0.090 | 0.307 | 0.504 |
| 11 | 1.092 | 1.308 | 9.588 | 0.114 | 0.456 | 0.439 | 2.652 | 13.924 | 7.184 | 0.017 | 0.540 | 0.569 |
| 12 | 1.032 | 1.204 | 9.780 | 0.218 | 0.710 | 0.412 | 2.736 | 13.936 | 7.080 | 0.073 | 0.626 | 0.550 |
| 13 | 0.872 | 1.340 | 9.980 | 0.005 | 1.070 | 0.428 | 2.796 | 13.880 | 7.212 | 0.093 | 1.033 | 0.576 |
| 14 | 0.836 | 1.404 | 9.900 | 0.238 | 0.796 | 0.382 | 2.652 | 13.904 | 7.116 | 0.275 | 0.807 | 0.585 |
| 15 | 0.936 | 1.484 | 9.808 | 0.103 | 0.007 | 0.371 | 2.664 | 13.808 | 7.228 | 0.191 | 0.018 | 0.555 |
| 16 | 1.032 | 1.388 | 9.968 | 0.209 | 0.105 | 0.244 | 2.692 | 13.848 | 7.260 | 0.128 | 0.080 | 0.387 |
| 17 | 1.072 | 1.508 | 10.044 | 0.185 | 0.049 | 0.417 | 2.680 | 13.764 | 7.256 | 0.086 | 0.048 | 0.540 |
| 18 | 1.080 | 1.396 | 9.972 | 0.240 | 0.175 | 0.421 | 2.652 | 13.800 | 7.244 | 0.179 | 0.180 | 0.569 |
| 19 | 1.416 | 1.368 | 10.424 | 0.521 | 0.212 | 0.412 | 2.684 | 13.752 | 7.336 | 0.334 | 0.239 | 0.550 |
| 20 | 1.288 | 1.600 | 10.360 | 0.564 | 0.344 | 0.401 | 2.668 | 13.740 | 7.332 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 21 | 1.372 | 1.452 | 10.380 | 0.031 | 0.005 | 0.378 | 2.760 | 13.868 | 7.200 | 0.080 | 0.005 | 0.497 |
| 22 | 1.200 | 1.268 | 10.320 | 0.026 | 0.064 | 0.394 | 2.732 | 13.848 | 7.180 | 0.154 | 0.066 | 0.516 |
| 23 | 1.292 | 1.396 | 10.260 | 0.030 | 0.030 | 0.403 | 2.780 | 13.764 | 7.208 | 0.115 | 0.039 | 0.559 |
| 24 | 1.212 | 1.452 | 10.320 | 0.322 | 0.013 | 0.407 | 2.572 | 13.848 | 7.224 | 0.174 | 0.026 | 0.518 |
| 25 | 1.204 | 1.276 | 10.552 | 0.205 | 0.043 | 0.417 | 2.632 | 13.956 | 7.300 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 26 | 0.856 | 1.328 | 10.136 | 0.163 | 0.039 | 0.435 | 2.684 | 13.812 | 7.228 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 27 | 1.048 | 1.368 | 10.000 | 0.122 | 0.030 | 0.436 | 2.636 | 13.852 | 7.244 | 0.051 | 0.026 | 0.537 |
| 28 | 0.940 | 1.896 | 10.252 | 0.143 | 0.167 | 0.404 | 2.576 | 13.908 | 7.148 | 0.045 | 0.093 | 0.530 |
| 29 | 1.296 | 1.884 | 10.356 | 0.049 | 0.111 | 0.404 | 2.808 | 13.836 | 7.180 | 0.050 | 0.086 | 0.535 |
| 30 | 0.948 | 1.988 | 10.148 | 0.052 | 0.001 | 0.464 | 2.664 | 13.840 | 7.140 | 0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 31 | 0.972 | 1.896 | 10.200 | 0.173 | 0.282 | 0.375 | 2.616 | 13.924 | 7.020 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 32 | 0.948 | 2.088 | 10.248 | 0.118 | 0.293 | 0.385 | 2.592 | 13.796 | 7.108 | 0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 33 | 1.060 | 2.416 | 10.032 | 0.071 | 0.131 | 0.389 | 2.608 | 13.920 | 6.980 | 0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 34 | 1.088 | 2.164 | 10.272 | 0.096 | 0.010 | 0.378 | 2.656 | 13.836 | 7.176 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 35 | 0.332 | 2.136 | 9.864 | 0.142 | 0.004 | 0.318 | 2.592 | 13.744 | 7.108 | 0.249 | 0.044 | 0.439 |
| 36 | 1.360 | 2.056 | 10.312 | 0.184 | 0.043 | 0.256 | 2.760 | 13.760 | 7.208 | 0.301 | 0.028 | 0.419 |
| 37 | 3.452 | 1.280 | 10.248 | 0.078 | 0.109 | 0.237 | 2.592 | 13.864 | 7.072 | 0.057 | 0.101 | 0.374 |
| 38 | 5.736 | 4.040 | 5.209 | 0.034 | 0.046 | 0.221 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | 0.151 | 0.106 | 0.393 |
| 39 | 7.220 | 6.480 | 4.784 | 0.187 | 0.080 | 0.221 | 2.748 | 13.800 | 7.024 | 0.355 | 0.014 | 0.387 |
| 40 | 3.380 | 7.620 | 2.816 | 0.031 | 0.089 | 0.230 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | 0.203 | 0.033 | 0.347 |
| 41 | 2.492 | 5.444 | 4.764 | 0.119 | 0.025 | 0.254 | 2.676 | 13.820 | 7.024 | 0.290 | 0.057 | 0.360 |
| 42 | 3.684 | 4.128 | 11.692 | 0.158 | 0.066 | 0.422 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | 0.050 | 0.010 | 0.551 |
| 43 | 6.296 | 3.184 | 14.828 | 0.143 | 0.089 | 0.374 | 2.680 | 13.840 | 6.972 | 0.063 | 0.087 | 0.537 |
| 44 | 7.404 | 2.896 | 10.328 | 0.097 | 0.048 | 0.397 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | 0.090 | 0.059 | 0.530 |
| 45 | 6.044 | 0.372 | 10.652 | 0.088 | 0.162 | 0.337 | 2.620 | 13.908 | 7.024 | 0.067 | 0.206 | 0.496 |
| 46 | 7.664 | 11.916 | 10.564 | 0.049 | 0.290 | 0.318 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | 0.090 | 0.287 | 0.457 |
| 47 | 9.704 | 1.884 | 10.372 | 0.072 | 0.166 | 0.388 | 2.612 | 13.912 | 6.892 | 0.017 | 0.170 | 0.498 |
| 48 | 10.972 | 2.372 | 10.676 | 0.092 | 0.402 | 0.391 | 2.636 | 14.036 | 7.048 | 0.073 | 0.359 | 0.516 |
| 49 | 12.076 | 0.904 | 10.796 | 0.042 | 0.445 | 0.368 | 2.680 | 13.952 | 7.048 | 0.093 | 0.443 | 0.516 |
| 50 | 10.680 | 0.920 | 10.568 | 0.110 | 0.007 | 0.421 | 2.736 | 13.936 | 7.080 | 0.275 | 0.077 | 0.559 |
| 51 | 5.388 | 1.812 | 10.732 | 0.103 | 0.118 | 0.370 | 2.796 | 13.880 | 7.212 | 0.191 | 0.155 | 0.518 |
| 52 | 1.928 | 1.556 | 10.560 | 0.051 | 0.306 | 0.342 | 2.652 | 13.904 | 7.116 | 0.088 | 0.263 | 0.545 |
| 53 | 0.864 | 3.244 | 10.688 | 0.056 | 0.339 | 0.367 | 2.664 | 13.808 | 7.228 | 0.034 | 0.328 | 0.551 |
| 54 | 0.208 | 2.812 | 10.764 | 0.071 | 0.227 | 0.394 | 2.692 | 13.848 | 7.260 | 0.010 | 0.202 | 0.537 |
| 55 | 0.072 | 1.768 | 10.868 | 0.057 | 0.276 | 0.407 | 2.680 | 13.764 | 7.256 | 0.042 | 0.275 | 0.530 |
| 56 | 0.468 | 1.820 | 10.748 | 0.019 | 0.364 | 0.387 | 2.652 | 13.800 | 7.244 | 0.080 | 0.359 | 0.535 |
| 57 | 0.524 | 1.676 | 10.792 | 0.097 | 0.053 | 0.450 | 2.684 | 13.752 | 7.336 | 0.090 | 0.026 | 0.588 |
| 58 | 0.600 | 1.760 | 10.732 | 0.078 | 0.041 | 0.365 | 2.668 | 13.740 | 7.332 | 0.067 | 0.031 | 0.540 |
| 59 | 0.116 | 1.796 | 11.232 | 0.512 | 0.298 | 0.342 | 2.760 | 13.868 | 7.200 | 0.401 | 0.288 | 0.461 |
| 60 | 0.480 | 2.156 | 10.964 | 0.494 | 0.058 | 0.381 | 2.732 | 13.848 | 7.180 | 0.366 | 0.060 | 0.503 |
| 61 | 1.000 | 2.316 | 11.148 | 0.293 | 0.689 | 0.432 | 2.780 | 13.764 | 7.208 | 0.148 | 0.680 | 0.588 |
| 62 | 1.272 | 2.268 | 11.316 | 0.081 | 1.508 | 0.429 | 2.572 | 13.848 | 7.224 | 0.067 | 1.469 | 0.540 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|----------|--------|--------|--------|---------|----------|---------|--------|--------|--------|
| 63 | 1.428 | 2.452 | 11.384 | 0.018 | 1.565 | 0.441 | 2.632 | 13.956 | 7.300 | 0.083 | 1.531 | 0.569 |
| 64 | 0.868 | 1.044 | 11.320 | 0.110 | 0.648 | 0.434 | 2.684 | 13.812 | 7.228 | 0.038 | 0.648 | 0.550 |
| 65 | 0.992 | 1.004 | 11.280 | 0.082 | 0.254 | 0.475 | 2.636 | 13.852 | 7.244 | 0.091 | 0.250 | 0.576 |
| 66 | 1.468 | 1.784 | 11.176 | 0.036 | 0.447 | 0.459 | 2.576 | 13.908 | 7.148 | 0.152 | 0.521 | 0.585 |
| 67 | 1.804 | 1.624 | 11.148 | 0.009 | 0.152 | 0.424 | 2.808 | 13.836 | 7.180 | 0.108 | 0.177 | 0.555 |
| 68 | 1.592 | 3.200 | 11.176 | 0.180 | 0.073 | 0.351 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | 0.005 | 0.013 | 0.523 |
| 69 | 1.580 | 2.860 | 11.108 | 0.209 | 0.135 | 0.280 | 2.748 | 13.800 | 7.024 | 0.041 | 0.201 | 0.446 |
| 70 | 1.692 | 1.624 | 10.984 | 0.177 | 0.313 | 0.344 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | 0.005 | 0.369 | 0.461 |
| 71 | 1.676 | 1.800 | 9.568 | 0.129 | 0.353 | 0.323 | 2.676 | 13.820 | 7.024 | 0.042 | 0.321 | 0.429 |
| 72 | 1.364 | 1.516 | 10.520 | 0.177 | 0.281 | 0.368 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | 0.031 | 0.225 | 0.497 |
| 73 | 1.496 | 1.660 | 10.536 | 0.277 | 0.048 | 0.367 | 2.680 | 13.840 | 6.972 | 0.071 | 0.050 | 0.530 |
| 74 | 1.332 | 1.772 | 10.376 | 0.260 | 0.006 | 0.363 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | 0.073 | 0.005 | 0.496 |
| 75 | 1.616 | 1.900 | 10.480 | 0.062 | 0.399 | 0.298 | 2.620 | 13.908 | 7.024 | 0.093 | 0.443 | 0.457 |
| 76 | 1.716 | 1.592 | 10.512 | 0.136 | 0.574 | 0.359 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | 0.275 | 0.571 | 0.498 |
| 77 | 1.604 | 1.624 | 10.524 | 0.051 | 0.229 | 0.374 | 2.656 | 13.908 | 7.136 | 0.191 | 0.332 | 0.516 |
| 78 | 1.392 | 1.756 | 10.744 | 0.037 | 0.328 | 0.429 | 2.664 | 13.864 | 7.244 | 0.088 | 0.245 | 0.516 |
| 79 | 1.604 | 1.608 | 10.592 | 0.181 | 0.301 | 0.412 | 2.716 | 13.820 | 7.148 | 0.034 | 0.230 | 0.559 |
| 80 | 1.500 | 1.648 | 10.736 | 0.068 | 0.213 | 0.348 | 2.664 | 13.852 | 7.212 | 0.010 | 0.224 | 0.518 |
| 81 | 1.524 | 1.812 | 10.612 | 0.005 | 0.414 | 0.381 | 2.780 | 13.852 | 7.140 | 0.116 | 0.382 | 0.545 |
| 82 | 1.372 | 2.208 | 10.652 | 0.379 | 0.093 | 0.413 | 2.692 | 13.796 | 7.160 | 0.414 | 0.168 | 0.551 |
| 83 | 1.604 | 2.256 | 10.556 | 0.632 | 0.102 | 0.523 | 2.776 | 13.824 | 7.032 | 0.715 | 0.037 | 0.537 |
| 84 | 1.464 | 2.192 | 10.548 | 0.703 | 0.181 | 0.449 | 2.556 | 13.924 | 7.052 | 0.793 | 0.192 | 0.530 |
| 85 | 1.576 | 2.124 | 9.788 | 0.530 | 0.169 | 0.405 | 2.652 | 13.924 | 7.184 | 0.661 | 0.085 | 0.535 |
| 86 | 1.384 | 2.300 | 4.732 | 0.195 | 0.093 | 0.425 | 2.680 | 13.840 | 6.972 | 0.401 | 0.095 | 0.588 |
| 87 | 1.300 | 1.884 | 2.748 | 0.024 | 0.154 | 0.407 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | 0.211 | 0.143 | 0.540 |
| 88 | 1.532 | 1.944 | 4.764 | 0.036 | 0.125 | 0.345 | 2.620 | 13.908 | 7.024 | 0.119 | 0.081 | 0.504 |
| 89 | 1.436 | 1.920 | 11.708 | 0.034 | 0.027 | 0.330 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | 0.105 | 0.030 | 0.469 |
| 90 | 0.856 | 1.544 | 14.992 | 0.118 | 0.145 | 0.297 | 2.656 | 13.908 | 7.136 | 0.022 | 0.042 | 0.439 |
| 91 | 1.096 | 1.788 | 10.724 | 0.227 | 0.090 | 0.332 | 2.664 | 13.864 | 7.244 | 0.176 | 0.007 | 0.419 |
| 92 | 0.456 | 2.040 | 10.776 | 0.441 | 0.102 | 0.227 | 2.716 | 13.820 | 7.148 | 0.294 | 0.031 | 0.374 |
| 93 | 1.456 | 1.956 | 10.712 | 0.414 | 0.182 | 0.223 | 2.664 | 13.852 | 7.212 | 0.336 | 0.171 | 0.393 |
| 94 | 3.264 | 7.040 | 10.620 | 0.053 | 0.240 | 0.334 | 2.780 | 13.852 | 7.140 | 0.058 | 0.272 | 0.498 |
| 95 | 3.744 | 8.480 | 10.480 | 0.042 | 0.184 | 0.350 | 2.748 | 13.800 | 7.024 | 0.126 | 0.118 | 0.516 |
| 96 | 5.564 | 7.620 | 10.364 | 0.005 | 0.085 | 0.423 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | 0.177 | 0.029 | 0.540 |
| 97 | 6.408 | 0.860 | 10.412 | 0.020 | 0.050 | 0.449 | 2.676 | 13.820 | 7.024 | 0.191 | 0.018 | 0.555 |
| 98 | 8.088 | 1.508 | 10.548 | 0.336 | 0.024 | 0.258 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | 0.128 | 0.080 | 0.387 |
| 99 | 3.812 | 6.212 | 10.620 | 0.292 | 0.050 | 0.377 | 2.680 | 13.840 | 6.972 | 0.086 | 0.048 | 0.540 |
| 100 | 4.396 | 9.324 | 10.368 | 0.366 | 0.191 | 0.436 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | 0.179 | 0.180 | 0.569 |
| 101 | 3.464 | 1.888 | 10.392 | 0.489 | 0.283 | 0.391 | 2.620 | 13.908 | 7.024 | 0.334 | 0.239 | 0.550 |
| 102 | 1.140 | 1.768 | 10.524 | 0.558 | 0.331 | 0.437 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 103 | 0.496 | 1.412 | 10.632 | 0.105 | 0.055 | 0.325 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | 0.080 | 0.005 | 0.497 |
| 104 | 1.372 | 1.984 | 10.484 | 0.014 | 0.000 | 0.350 | 2.748 | 13.800 | 7.024 | 0.154 | 0.066 | 0.516 |
| 105 | 5.344 | 2.176 | 10.432 | 0.057 | 0.017 | 0.442 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | 0.115 | 0.039 | 0.559 |
| 106 | 5.712 | 2.388 | 9.700 | 0.345 | 0.058 | 0.412 | 2.676 | 13.820 | 7.024 | 0.174 | 0.026 | 0.518 |
| 107 | 6.740 | 2.008 | 9.676 | 0.312 | 0.047 | 0.416 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 108 | 5.516 | 2.808 | 9.480 | 0.221 | 0.037 | 0.388 | 2.680 | 13.840 | 6.972 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 109 | 9.652 | 1.960 | 9.576 | 0.136 | 0.015 | 0.404 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | 0.051 | 0.026 | 0.537 |
| 110 | 12.072 | 1.680 | 9.524 | 0.110 | 0.137 | 0.371 | 2.620 | 13.908 | 7.024 | 0.045 | 0.093 | 0.530 |
| 111 | 10.652 | 1.724 | 9.468 | 0.089 | 0.083 | 0.396 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | 0.050 | 0.086 | 0.535 |
| 112 | 5.272 | 2.000 | 9.672 | 0.080 | 0.000 | 0.425 | 2.680 | 13.840 | 6.972 | 0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 113 | 1.848 | 1.344 | 9.616 | 0.249 | 0.250 | 0.365 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 114 | 0.820 | 1.364 | 9.808 | 0.152 | 0.378 | 0.357 | 2.620 | 13.908 | 7.024 | 0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 115 | 0.224 | 1.232 | 9.644 | 0.127 | 0.126 | 0.377 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | 0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 116 | 0.004 | 1.268 | 9.904 | 0.222 | 0.039 | 0.387 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 117 | 0.564 | 1.344 | 9.812 | 0.330 | 0.087 | 0.364 | 2.748 | 13.800 | 7.024 | 0.162 | 0.021 | 0.530 |
| 118 | 0.544 | 1.780 | 9.644 | 0.655 | 0.252 | 0.418 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | 0.483 | 0.196 | 0.535 |
| 119 | 0.608 | 2.020 | 10.112 | 0.805 | 0.206 | 0.276 | 2.676 | 13.820 | 7.024 | 0.634 | 0.238 | 0.382 |
| 120 | 0.008 | 2.036 | 10.076 | 0.717 | 0.167 | 0.247 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | 0.509 | 0.111 | 0.376 |
| jmlh | 297.328 | 269.884 | 1208.669 | 22.037 | 25.575 | 43.650 | 297.408 | 1918.012 | 361.914 | 18.483 | 24.408 | 60.398 |

PERHITUNGAN MSE (MEAN SQUARED ERROR)

| Modul Sensor | | | | | | |
|--------------|----------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|
| | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 13.89 | 8.11 | 10.42 | 3.18 | 3.89 | 3.48 |
| RSME | 3.73 | 2.85 | 3.23 | 1.78 | 1.97 | 1.86 |
| MAD | 0.732 | 1.404 | 9.652 | 2.338 | 2.352 | 2.382 |
| MAPE | 26.767 | 13.865 | 21.065 | 11.540 | 12.034 | 15.033 |

PERBANDINGAN NILAI MSE

Perbandingan Nilai MSE antara simulasi benar dengan simulasi salah

| | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Accelerometer</i> | | |
|------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 17.336 | 8.495 | 6.313 | 13.885 | 8.115 | 10.418 |
| RSME | 4.164 | 2.915 | 2.513 | 3.726 | 2.849 | 3.228 |
| MAD | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 0.732 | 1.404 | 9.652 |
| MAPE | 2.478 | 15.983 | 13.016 | 26.767 | 13.865 | 21.065 |

| | <i>Gyroscope</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
|------|------------------|-------|-------|------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 0.064 | 0.111 | 0.137 | 3.184 | 3.891 | 3.477 |
| RSME | 0.253 | 0.333 | 0.370 | 1.784 | 1.973 | 1.865 |
| MAD | 0.338 | 0.232 | 0.204 | 2.338 | 2.352 | 2.382 |
| MAPE | 1.540 | 2.034 | 5.033 | 11.540 | 12.034 | 15.033 |

MEAN SQUARED ERROR (MSE) MELAKUKAN
KEGIATAN *CUTTING* (PEMOTONGAN)

DATA

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|-------|-------|-----------|-------|-----|---------------|-------|-------|-----------|-------|-----|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1856 | 15340 | -2584 | 12 | 189 | 448 | 2066 | 15570 | -2478 | 162 | -245 | 364 |
| 2 | 1844 | 15320 | -2588 | -53 | 284 | 466 | 1978 | 15366 | -2250 | -149 | -207 | 373 |
| 3 | 1804 | 15116 | -2660 | -62 | 79 | 466 | 1998 | 15410 | -2154 | -196 | 808 | 390 |
| 4 | 1872 | 15160 | -2500 | -13 | -29 | 509 | 2002 | 15550 | -2450 | -76 | 160 | 403 |
| 5 | 1924 | 15300 | -2556 | 9 | 146 | 468 | 1974 | 15482 | -2518 | 98 | -68 | 395 |
| 6 | 1816 | 15340 | -2676 | -120 | 189 | 495 | 1810 | 15390 | -2534 | 22 | 240 | 365 |
| 7 | 1728 | 15320 | -2628 | -112 | 284 | 501 | 1954 | 15470 | -2330 | 8 | 193 | 371 |
| 8 | 1748 | 15116 | -2508 | -38 | 79 | 487 | 2174 | 15558 | -2458 | 201 | 96 | 339 |
| 9 | 1752 | 15160 | -2728 | 112 | -29 | 480 | 2066 | 15542 | -2538 | 342 | -30 | 433 |
| 10 | 1724 | 15300 | -2500 | 433 | 146 | 485 | 1978 | 15486 | -2478 | -90 | -307 | 504 |
| 11 | 1560 | 15232 | -2404 | 584 | 188 | 332 | 1910 | 15522 | -2854 | -17 | -540 | 569 |
| 12 | 1704 | 15140 | -2700 | 459 | -161 | 326 | 1858 | 15446 | -2926 | 73 | -626 | 550 |
| 13 | 1924 | 15220 | -2768 | 112 | -295 | 314 | 2106 | 15370 | -2758 | -93 | -1033 | 576 |
| 14 | 1816 | 15308 | -2784 | -199 | -257 | 323 | 2094 | 15590 | -2930 | -275 | -807 | 585 |
| 15 | 1728 | 15292 | -2580 | -246 | 758 | 340 | 2054 | 15570 | -2890 | -191 | -18 | 555 |
| 16 | 1660 | 15236 | -2708 | -126 | 110 | 353 | 2122 | 15366 | -2802 | 128 | 80 | 387 |
| 17 | 1608 | 15272 | -2788 | 48 | -118 | 345 | 2174 | 15410 | -2846 | 86 | -48 | 540 |
| 18 | 1572 | 15196 | -2728 | -28 | 190 | 315 | 1738 | 15550 | -2506 | 179 | 180 | 569 |
| 19 | 1268 | 15120 | -3088 | -42 | 143 | 321 | 1610 | 15482 | -2854 | 334 | 239 | 550 |
| 20 | 1380 | 15340 | -3028 | 151 | 46 | 289 | 1678 | 15390 | -2926 | 419 | 334 | 576 |
| 21 | 1388 | 15320 | -3180 | 292 | -80 | 383 | 2078 | 15590 | 2237 | -80 | 5 | 497 |
| 22 | 1532 | 15116 | -3140 | 351 | -338 | 411 | 1838 | 15570 | -2334 | -154 | -66 | 516 |
| 23 | 1488 | 15160 | -3052 | 316 | -110 | 453 | 1886 | 15366 | -2338 | -115 | -39 | 559 |
| 24 | 1360 | 15300 | -3096 | 98 | 630 | 538 | 1762 | 15410 | -2410 | 174 | -26 | 518 |
| 25 | 1428 | 15232 | -3252 | -117 | 1419 | 490 | 1966 | 15550 | -2250 | 104 | 9 | 545 |
| 26 | 1828 | 15140 | -2908 | -133 | 1481 | 519 | 1894 | 15590 | -2306 | 15 | 39 | 551 |
| 27 | 1588 | 15220 | -2756 | -88 | 598 | 500 | 1894 | 16078 | -2426 | -51 | -26 | 537 |
| 28 | 1636 | 15804 | -3104 | -141 | -300 | 526 | 1798 | 16070 | -2378 | -45 | 93 | 530 |
| 29 | 1512 | 15720 | -3176 | -202 | -571 | 535 | 1822 | 16134 | -2258 | -50 | 86 | 535 |
| 30 | 1716 | 15828 | -3008 | -158 | -227 | 505 | 1518 | 16586 | -2838 | -126 | 2 | 588 |
| 31 | 1644 | 15820 | -3180 | -55 | -63 | 473 | 1630 | 16250 | -2778 | 62 | 239 | 498 |
| 32 | 1644 | 15884 | -3140 | -9 | -251 | 396 | 1638 | 16130 | -2930 | -3 | 334 | 516 |
| 33 | 1548 | 16336 | -3052 | -45 | -419 | 411 | 1782 | 15470 | -2890 | -12 | 129 | 516 |
| 34 | 1568 | 16000 | -3096 | -92 | -371 | 379 | 1818 | 16054 | -2802 | 37 | 21 | 559 |
| 35 | 2260 | 15880 | -2756 | -130 | -45 | 447 | 1250 | 16330 | -3362 | -249 | 44 | 439 |
| 36 | 4120 | 15816 | -3104 | -140 | -109 | 480 | 1522 | 16366 | -3778 | -301 | 28 | 419 |
| 37 | 6044 | 15144 | -3176 | -117 | -256 | 446 | 1434 | 16658 | -3718 | -57 | 101 | 374 |
| 38 | 8492 | 17892 | 1987 | -140 | -337 | 407 | 1490 | 15106 | -3730 | -151 | 106 | 393 |
| 39 | 9968 | 20280 | 2240 | -67 | 120 | 448 | 1254 | 16046 | -3834 | -355 | 14 | 387 |
| 40 | 6084 | 21528 | 4100 | 23 | 309 | 466 | 1242 | 16658 | -3818 | -203 | 33 | 347 |
| 41 | 184 | 19264 | 2260 | -143 | 393 | 466 | 1302 | 15106 | -2294 | -290 | 57 | 360 |
| 42 | -1048 | 18040 | -4644 | -325 | 27 | 509 | 1522 | 15106 | -3222 | -50 | -10 | 551 |
| 43 | -3616 | 17024 | -7856 | -241 | 105 | 468 | 1362 | 15942 | -3314 | -63 | -87 | 537 |
| 44 | -4832 | 16788 | -3480 | -138 | 213 | 495 | 1414 | 15710 | -3278 | -90 | -59 | 530 |
| 45 | -3424 | 14280 | -3628 | -16 | 278 | 501 | 1506 | 15678 | -3206 | -67 | -206 | 496 |
| 46 | -4956 | 2048 | -3500 | -60 | 152 | 487 | 1570 | 15750 | -3198 | -90 | -287 | 457 |
| 47 | -7092 | 15796 | -3480 | -92 | -325 | 480 | 1422 | 15914 | -3138 | -17 | 170 | 498 |
| 48 | -8336 | 16408 | -3628 | -130 | -409 | 485 | 1342 | 16058 | -3250 | 73 | 359 | 516 |
| 49 | -9396 | 14856 | -3748 | -140 | -76 | 538 | 2734 | 15806 | -3194 | -93 | 443 | 516 |
| 50 | -7944 | 14856 | -3488 | -117 | -19 | 490 | 3002 | 15782 | -3274 | -275 | 77 | 559 |
| 51 | -2592 | 15692 | -3520 | -140 | -357 | 454 | 2510 | 15970 | -2846 | -191 | 155 | 518 |
| 52 | 724 | 15460 | -3444 | -67 | -590 | 519 | 4370 | 16066 | -3002 | -88 | 263 | 545 |
| 53 | 1800 | 17052 | -3460 | 23 | -676 | 500 | 6294 | 15394 | -2658 | 34 | 328 | 551 |
| 54 | 2484 | 16660 | -3504 | -143 | -1083 | 526 | 8742 | 18142 | -2506 | -10 | 202 | 537 |
| 55 | 2752 | 15532 | -3612 | -325 | -857 | 535 | 10218 | 20530 | 2490 | -42 | -275 | 530 |
| 56 | 2184 | 15620 | -3504 | -241 | -68 | 505 | 6334 | 21778 | 4350 | -80 | -359 | 535 |
| 57 | 2160 | 15428 | -3456 | -138 | 763 | 473 | 434 | 19514 | 2510 | -90 | -26 | 588 |
| 58 | 2068 | 15500 | -3400 | 9 | 719 | 396 | -798 | 18290 | -4394 | -67 | 31 | 540 |
| 59 | 2644 | 15664 | -4032 | -167 | 88 | 411 | -3366 | 17274 | -7606 | 401 | -288 | 461 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|------|------|-----|-------|-------|-------|------|------|-----|
| 60 | 2252 | 16004 | -3784 | -111 | -384 | 379 | -4582 | 17038 | -3230 | 366 | -60 | 503 |
| 61 | 1780 | 16080 | -3940 | -81 | -275 | 447 | -3174 | 14530 | -3378 | 148 | 680 | 588 |
| 62 | 1300 | 16116 | -4092 | 21 | 0 | 480 | -4706 | 2298 | -3250 | -67 | 1469 | 540 |
| 63 | 1204 | 16408 | -4084 | 23 | -55 | 446 | -6842 | 17302 | -3230 | -83 | 1531 | 569 |
| 64 | 1816 | 14856 | -4092 | -143 | -493 | 407 | -8086 | 16910 | -3378 | -38 | 648 | 550 |
| 65 | 1644 | 14856 | -4036 | -325 | -621 | 448 | -9146 | 15782 | -3498 | -91 | -250 | 576 |
| 66 | 1108 | 15692 | -4028 | -241 | -382 | 466 | -7694 | 15870 | -3238 | -152 | -521 | 585 |
| 67 | 1004 | 15460 | -3968 | -138 | -295 | 466 | -2342 | 15678 | -3270 | -108 | -177 | 555 |
| 68 | 1164 | 17052 | -3980 | -16 | -280 | 509 | 974 | 15750 | -3194 | -5 | -13 | 523 |
| 69 | 1168 | 16660 | -4084 | -60 | -274 | 468 | 2050 | 15914 | -3210 | 41 | -201 | 446 |
| 70 | 1012 | 15532 | -4068 | -166 | -432 | 495 | 1262 | 16254 | -3254 | 5 | -369 | 461 |
| 71 | 1000 | 15620 | -2544 | -464 | -218 | 501 | 2434 | 15870 | -3254 | -42 | -321 | 429 |
| 72 | 1272 | 15428 | -3472 | -765 | -13 | 487 | 2410 | 15678 | -3206 | -31 | -225 | 497 |
| 73 | 1184 | 15500 | -3564 | -843 | 142 | 480 | 2318 | 15750 | -3150 | 71 | 50 | 530 |
| 74 | 1240 | 15664 | -3528 | -711 | 35 | 485 | 2894 | 15914 | -3782 | 73 | -5 | 496 |
| 75 | 1004 | 15808 | -3456 | -451 | 45 | 538 | 2502 | 16254 | -3534 | -93 | -443 | 457 |
| 76 | 992 | 15556 | -3448 | -261 | 93 | 490 | 2030 | 15106 | -3690 | -275 | -571 | 498 |
| 77 | 1052 | 15532 | -3388 | -169 | 31 | 454 | 1550 | 15942 | -3842 | -191 | -332 | 516 |
| 78 | 1272 | 15620 | -3500 | -155 | -20 | 419 | 1454 | 15710 | -3834 | -88 | -245 | 516 |
| 79 | 1112 | 15428 | -3444 | -72 | -8 | 389 | 2066 | 17302 | -3842 | 34 | -230 | 559 |
| 80 | 1164 | 15500 | -3524 | 126 | -57 | 369 | 1894 | 16910 | -3786 | -10 | -224 | 518 |
| 81 | 1256 | 15664 | -3472 | 244 | -81 | 324 | 1358 | 15782 | -2354 | -116 | -382 | 545 |
| 82 | 1320 | 16004 | -3492 | 286 | 121 | 343 | 1254 | 15870 | 2490 | -414 | -168 | 551 |
| 83 | 1172 | 16080 | -3524 | 78 | 30 | 337 | 1414 | 16134 | 4350 | -715 | 37 | 537 |
| 84 | 1872 | 15160 | -2500 | -13 | -29 | 509 | 1418 | 15702 | 2510 | -793 | 192 | 530 |
| 85 | 1924 | 15300 | -2556 | 9 | 146 | 468 | 1326 | 15902 | -4394 | -661 | 85 | 535 |
| 86 | 1816 | 15340 | -2676 | -120 | 189 | 495 | 1546 | 16110 | -7606 | -401 | 95 | 588 |
| 87 | 1728 | 15320 | -2628 | -112 | 284 | 501 | 1522 | 16058 | -3230 | -211 | 143 | 540 |
| 88 | 1748 | 15116 | -2508 | -38 | 79 | 487 | 1338 | 21142 | -3378 | -119 | 81 | 504 |
| 89 | 1752 | 15160 | -2728 | 112 | -29 | 480 | 1522 | 22530 | -3250 | -105 | 30 | 469 |
| 90 | 1724 | 15300 | -2500 | 433 | 146 | 485 | 2050 | 21778 | -3222 | -22 | 42 | 439 |
| 91 | 1560 | 15232 | -2404 | 584 | 188 | 332 | 1818 | 13210 | -3242 | 176 | -7 | 419 |
| 92 | 1704 | 15140 | -2700 | 459 | -161 | 326 | 2510 | 12654 | -3274 | 294 | -31 | 374 |
| 93 | 2260 | 15808 | -3500 | -205 | -6 | 379 | 4370 | 16330 | -3246 | 336 | 171 | 393 |
| 94 | 4120 | 20892 | -3480 | -179 | -304 | 447 | 6294 | 16366 | -2426 | -58 | 272 | 498 |
| 95 | 6044 | 22280 | -3456 | -126 | -191 | 480 | 6742 | 16298 | -2378 | -126 | 118 | 516 |
| 96 | 8492 | 21528 | -3448 | -157 | -36 | 446 | 8518 | 16390 | -2258 | -177 | 29 | 540 |
| 97 | 9968 | 15692 | -3388 | -207 | -62 | 407 | 2054 | 15570 | -2890 | -191 | -18 | 555 |
| 98 | 6084 | 15460 | -3500 | -108 | 222 | 448 | 2122 | 15366 | -2802 | 128 | 80 | 387 |
| 99 | 184 | 17052 | -3648 | -176 | 68 | 466 | 2174 | 15410 | -2846 | 86 | -48 | 540 |
| 100 | -1048 | 16660 | -3520 | -204 | -116 | 466 | 1738 | 15550 | -2506 | 179 | 180 | 569 |
| 101 | -3616 | 15532 | -3368 | -165 | -89 | 509 | 1610 | 15482 | -2854 | 334 | 239 | 550 |
| 102 | -4832 | 15620 | -3460 | 124 | -76 | 468 | 1678 | 15390 | -2926 | 419 | 334 | 576 |
| 103 | -3424 | 15428 | -3436 | 54 | -41 | 495 | 2078 | 15590 | 2237 | -80 | 5 | 497 |
| 104 | -4956 | 15500 | -3460 | -35 | -11 | 501 | 1838 | 15570 | -2334 | -154 | -66 | 516 |
| 105 | -7092 | 15664 | -3516 | -101 | -76 | 487 | 1886 | 15366 | -2338 | -115 | -39 | 559 |
| 106 | -8336 | 16004 | -2676 | -95 | 43 | 480 | 1762 | 15410 | -2410 | 174 | -26 | 518 |
| 107 | -9396 | 16080 | -2628 | -100 | 36 | 485 | 1966 | 15550 | -2250 | 104 | 9 | 545 |
| 108 | -7944 | 16116 | -2508 | -176 | -48 | 538 | 1894 | 15590 | -2306 | 15 | 39 | 551 |
| 109 | -2592 | 16408 | -2728 | -227 | -21 | 490 | 1894 | 16078 | -2426 | -51 | -26 | 537 |
| 110 | 724 | 14856 | -2500 | -315 | 57 | 454 | 1798 | 16070 | -2378 | -45 | 93 | 530 |
| 111 | 1800 | 14856 | -2404 | -325 | 67 | 419 | 1822 | 16134 | -2258 | -50 | 86 | 535 |
| 112 | 2484 | 15692 | -3388 | -299 | -6 | 389 | 1518 | 16586 | -2838 | -126 | 2 | 588 |
| 113 | 2752 | 15460 | -3500 | -351 | -22 | 369 | 1630 | 16250 | -2778 | 62 | 239 | 498 |
| 114 | 2184 | 15272 | -3648 | -107 | 51 | 324 | 1638 | 16130 | -2930 | -3 | 334 | 516 |
| 115 | 2484 | 15196 | -3520 | -201 | 56 | 343 | 1782 | 15470 | -2890 | -12 | 129 | 516 |
| 116 | 2752 | 15120 | -3368 | -405 | -36 | 337 | 1818 | 16054 | -2802 | 37 | 21 | 559 |
| 117 | 2184 | 15144 | -3460 | -253 | -17 | 297 | 2410 | 15938 | -2538 | 162 | 21 | 530 |
| 118 | 2160 | 15688 | -3436 | -340 | 7 | 310 | 2050 | 16090 | -2478 | 483 | 196 | 535 |
| 119 | 2068 | 15840 | -3460 | -100 | -60 | 501 | 2734 | 15486 | -2838 | 634 | 238 | 382 |
| 120 | 2644 | 15948 | -3028 | -113 | -137 | 487 | 3002 | 15522 | -2778 | 509 | -111 | 376 |

PERBANDINGAN DATA

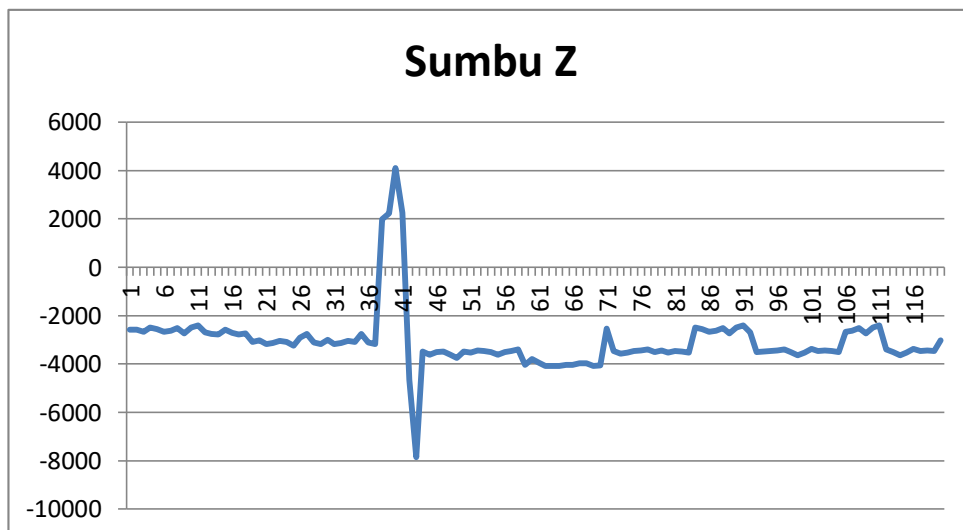
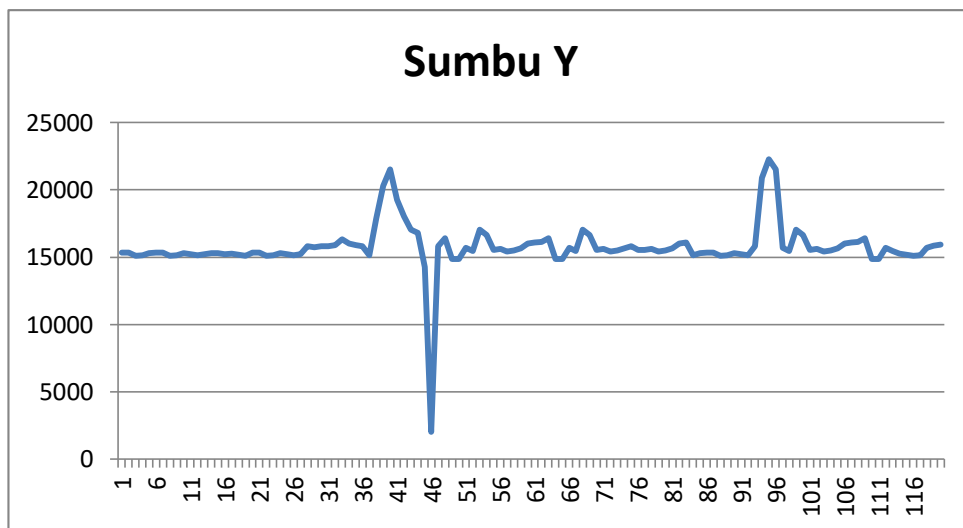
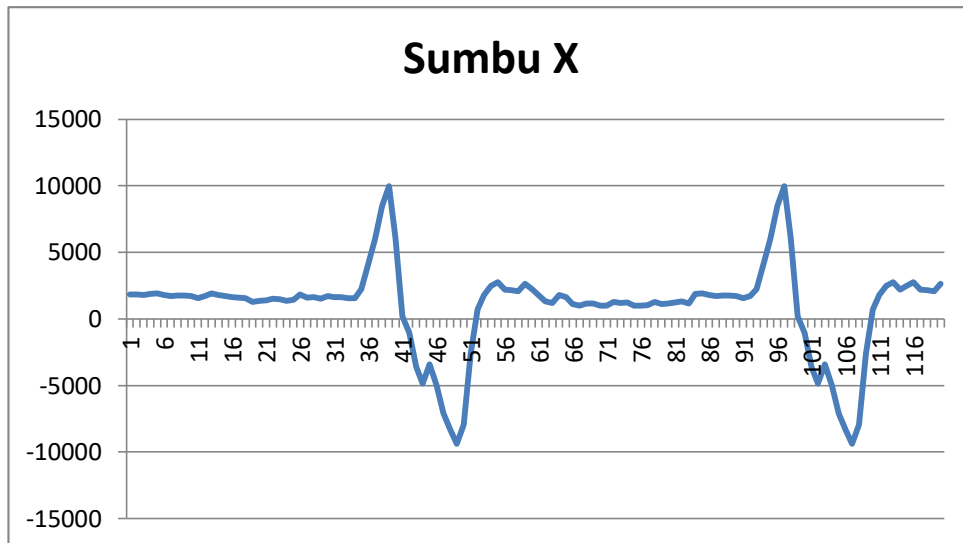
Data /1000

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|--------|--------|-----------|--------|-------|---------------|--------|--------|-----------|--------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1.856 | 15.34 | -2.584 | 0.012 | 0.189 | 0.448 | 2.066 | 15.57 | -2.478 | 0.162 | -0.245 | 0.364 |
| 2 | 1.844 | 15.32 | -2.588 | -0.053 | 0.284 | 0.466 | 1.978 | 15.366 | -2.25 | -0.149 | -0.207 | 0.373 |
| 3 | 1.804 | 15.116 | -2.66 | -0.062 | 0.079 | 0.466 | 1.998 | 15.41 | -2.154 | -0.196 | 0.808 | 0.39 |
| 4 | 1.872 | 15.16 | -2.5 | -0.013 | -0.029 | 0.509 | 2.002 | 15.55 | -2.45 | -0.076 | 0.16 | 0.403 |
| 5 | 1.924 | 15.3 | -2.556 | 0.009 | 0.146 | 0.468 | 1.974 | 15.482 | -2.518 | 0.098 | -0.068 | 0.395 |
| 6 | 1.816 | 15.34 | -2.676 | -0.12 | 0.189 | 0.495 | 1.81 | 15.39 | -2.534 | 0.022 | 0.24 | 0.365 |
| 7 | 1.728 | 15.32 | -2.628 | -0.112 | 0.284 | 0.501 | 1.954 | 15.47 | -2.33 | 0.008 | 0.193 | 0.371 |
| 8 | 1.748 | 15.116 | -2.508 | -0.038 | 0.079 | 0.487 | 2.174 | 15.558 | -2.458 | 0.201 | 0.096 | 0.339 |
| 9 | 1.752 | 15.16 | -2.728 | 0.112 | -0.029 | 0.48 | 2.066 | 15.542 | -2.538 | 0.342 | -0.03 | 0.433 |
| 10 | 1.724 | 15.3 | -2.5 | 0.433 | 0.146 | 0.485 | 1.978 | 15.486 | -2.478 | -0.09 | -0.307 | 0.504 |
| 11 | 1.56 | 15.232 | -2.404 | 0.584 | 0.188 | 0.332 | 1.91 | 15.522 | -2.854 | -0.017 | -0.54 | 0.569 |
| 12 | 1.704 | 15.14 | -2.7 | 0.459 | -0.161 | 0.326 | 1.858 | 15.446 | -2.926 | 0.073 | -0.626 | 0.55 |
| 13 | 1.924 | 15.22 | -2.768 | 0.112 | -0.295 | 0.314 | 2.106 | 15.37 | -2.758 | -0.093 | -1.033 | 0.576 |
| 14 | 1.816 | 15.308 | -2.784 | -0.199 | -0.257 | 0.323 | 2.094 | 15.59 | -2.93 | -0.275 | -0.807 | 0.585 |
| 15 | 1.728 | 15.292 | -2.58 | -0.246 | 0.758 | 0.34 | 2.054 | 15.57 | -2.89 | -0.191 | -0.018 | 0.555 |
| 16 | 1.66 | 15.236 | -2.708 | -0.126 | 0.11 | 0.353 | 2.122 | 15.366 | -2.802 | 0.128 | 0.08 | 0.387 |
| 17 | 1.608 | 15.272 | -2.788 | 0.048 | -0.118 | 0.345 | 2.174 | 15.41 | -2.846 | 0.086 | -0.048 | 0.54 |
| 18 | 1.572 | 15.196 | -2.728 | -0.028 | 0.19 | 0.315 | 1.738 | 15.55 | -2.506 | 0.179 | 0.18 | 0.569 |
| 19 | 1.268 | 15.12 | -3.088 | -0.042 | 0.143 | 0.321 | 1.61 | 15.482 | -2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.55 |
| 20 | 1.38 | 15.34 | -3.028 | 0.151 | 0.046 | 0.289 | 1.678 | 15.39 | -2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 21 | 1.388 | 15.32 | -3.18 | 0.292 | -0.08 | 0.383 | 2.078 | 15.59 | 2.237 | -0.08 | 0.005 | 0.497 |
| 22 | 1.532 | 15.116 | -3.14 | 0.351 | -0.338 | 0.411 | 1.838 | 15.57 | -2.334 | -0.154 | -0.066 | 0.516 |
| 23 | 1.488 | 15.16 | -3.052 | 0.316 | -0.11 | 0.453 | 1.886 | 15.366 | -2.338 | -0.115 | -0.039 | 0.559 |
| 24 | 1.36 | 15.3 | -3.096 | 0.098 | 0.63 | 0.538 | 1.762 | 15.41 | -2.41 | 0.174 | -0.026 | 0.518 |
| 25 | 1.428 | 15.232 | -3.252 | -0.117 | 1.419 | 0.49 | 1.966 | 15.55 | -2.25 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 26 | 1.828 | 15.14 | -2.908 | -0.133 | 1.481 | 0.519 | 1.894 | 15.59 | -2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 27 | 1.588 | 15.22 | -2.756 | -0.088 | 0.598 | 0.5 | 1.894 | 16.078 | -2.426 | -0.051 | -0.026 | 0.537 |
| 28 | 1.636 | 15.804 | -3.104 | -0.141 | -0.3 | 0.526 | 1.798 | 16.07 | -2.378 | -0.045 | 0.093 | 0.53 |
| 29 | 1.512 | 15.72 | -3.176 | -0.202 | -0.571 | 0.535 | 1.822 | 16.134 | -2.258 | -0.05 | 0.086 | 0.535 |
| 30 | 1.716 | 15.828 | -3.008 | -0.158 | -0.227 | 0.505 | 1.518 | 16.586 | -2.838 | -0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 31 | 1.644 | 15.82 | -3.18 | -0.055 | -0.063 | 0.473 | 1.63 | 16.25 | -2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 32 | 1.644 | 15.884 | -3.14 | -0.009 | -0.251 | 0.396 | 1.638 | 16.13 | -2.93 | -0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 33 | 1.548 | 16.336 | -3.052 | -0.045 | -0.419 | 0.411 | 1.782 | 15.47 | -2.89 | -0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 34 | 1.568 | 16 | -3.096 | -0.092 | -0.371 | 0.379 | 1.818 | 16.054 | -2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 35 | 2.26 | 15.88 | -2.756 | -0.13 | -0.045 | 0.447 | 1.25 | 16.33 | -3.362 | -0.249 | 0.044 | 0.439 |
| 36 | 4.12 | 15.816 | -3.104 | -0.14 | -0.109 | 0.48 | 1.522 | 16.366 | -3.778 | -0.301 | 0.028 | 0.419 |
| 37 | 6.044 | 15.144 | -3.176 | -0.117 | -0.256 | 0.446 | 1.434 | 16.658 | -3.718 | -0.057 | 0.101 | 0.374 |
| 38 | 8.492 | 17.892 | 1.987 | -0.14 | -0.337 | 0.407 | 1.49 | 15.106 | -3.73 | -0.151 | 0.106 | 0.393 |
| 39 | 9.968 | 20.28 | 2.24 | -0.067 | 0.12 | 0.448 | 1.254 | 16.046 | -3.834 | -0.355 | 0.014 | 0.387 |
| 40 | 6.084 | 21.528 | 4.1 | 0.023 | 0.309 | 0.466 | 1.242 | 16.658 | -3.818 | -0.203 | 0.033 | 0.347 |
| 41 | 0.184 | 19.264 | 2.26 | -0.143 | 0.393 | 0.466 | 1.302 | 15.106 | -2.294 | -0.29 | 0.057 | 0.36 |
| 42 | -1.048 | 18.04 | -4.644 | -0.325 | 0.027 | 0.509 | 1.522 | 15.106 | -3.222 | -0.05 | -0.01 | 0.551 |
| 43 | -3.616 | 17.024 | -7.856 | -0.241 | 0.105 | 0.468 | 1.362 | 15.942 | -3.314 | -0.063 | -0.087 | 0.537 |
| 44 | -4.832 | 16.788 | -3.48 | -0.138 | 0.213 | 0.495 | 1.414 | 15.71 | -3.278 | -0.09 | -0.059 | 0.53 |
| 45 | -3.424 | 14.28 | -3.628 | -0.016 | 0.278 | 0.501 | 1.506 | 15.678 | -3.206 | -0.067 | -0.206 | 0.496 |
| 46 | -4.956 | 2.048 | -3.5 | -0.06 | 0.152 | 0.487 | 1.57 | 15.75 | -3.198 | -0.09 | -0.287 | 0.457 |
| 47 | -7.092 | 15.796 | -3.48 | -0.092 | -0.325 | 0.48 | 1.422 | 15.914 | -3.138 | -0.017 | 0.17 | 0.498 |
| 48 | -8.336 | 16.408 | -3.628 | -0.13 | -0.409 | 0.485 | 1.342 | 16.058 | -3.25 | 0.073 | 0.359 | 0.516 |
| 49 | -9.396 | 14.856 | -3.748 | -0.14 | -0.076 | 0.538 | 2.734 | 15.806 | -3.194 | -0.093 | 0.443 | 0.516 |
| 50 | -7.944 | 14.856 | -3.488 | -0.117 | -0.019 | 0.49 | 3.002 | 15.782 | -3.274 | -0.275 | 0.077 | 0.559 |
| 51 | -2.592 | 15.692 | -3.52 | -0.14 | -0.357 | 0.454 | 2.51 | 15.97 | -2.846 | -0.191 | 0.155 | 0.518 |
| 52 | 0.724 | 15.46 | -3.444 | -0.067 | -0.59 | 0.519 | 4.37 | 16.066 | -3.002 | -0.088 | 0.263 | 0.545 |
| 53 | 1.8 | 17.052 | -3.46 | 0.023 | -0.676 | 0.5 | 6.294 | 15.394 | -2.658 | 0.034 | 0.328 | 0.551 |
| 54 | 2.484 | 16.66 | -3.504 | -0.143 | -1.083 | 0.526 | 8.742 | 18.142 | -2.506 | -0.01 | 0.202 | 0.537 |
| 55 | 2.752 | 15.532 | -3.612 | -0.325 | -0.857 | 0.535 | 10.218 | 20.53 | 2.49 | -0.042 | -0.275 | 0.53 |
| 56 | 2.184 | 15.62 | -3.504 | -0.241 | -0.068 | 0.505 | 6.334 | 21.778 | 4.35 | -0.08 | -0.359 | 0.535 |
| 57 | 2.16 | 15.428 | -3.456 | -0.138 | 0.763 | 0.473 | 0.434 | 19.514 | 2.51 | -0.09 | -0.026 | 0.588 |
| 58 | 2.068 | 15.5 | -3.4 | 0.009 | 0.719 | 0.396 | -0.798 | 18.29 | -4.394 | -0.067 | 0.031 | 0.54 |
| 59 | 2.644 | 15.664 | -4.032 | -0.167 | 0.088 | 0.411 | -3.366 | 17.274 | -7.606 | 0.401 | -0.288 | 0.461 |
| 60 | 2.252 | 16.004 | -3.784 | -0.111 | -0.384 | 0.379 | -4.582 | 17.038 | -3.23 | 0.366 | -0.06 | 0.503 |
| 61 | 1.78 | 16.08 | -3.94 | -0.081 | -0.275 | 0.447 | -3.174 | 14.53 | -3.378 | 0.148 | 0.68 | 0.588 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 62 | 1.3 | 16.116 | -4.092 | 0.021 | 0 | 0.48 | -4.706 | 2.298 | -3.25 | -0.067 | 1.469 | 0.54 |
| 63 | 1.204 | 16.408 | -4.084 | 0.023 | -0.055 | 0.446 | -6.842 | 17.302 | -3.23 | -0.083 | 1.531 | 0.569 |
| 64 | 1.816 | 14.856 | -4.092 | -0.143 | -0.493 | 0.407 | -8.086 | 16.91 | -3.378 | -0.038 | 0.648 | 0.55 |
| 65 | 1.644 | 14.856 | -4.036 | -0.325 | -0.621 | 0.448 | -9.146 | 15.782 | -3.498 | -0.091 | -0.25 | 0.576 |
| 66 | 1.108 | 15.692 | -4.028 | -0.241 | -0.382 | 0.466 | -7.694 | 15.87 | -3.238 | -0.152 | -0.521 | 0.585 |
| 67 | 1.004 | 15.46 | -3.968 | -0.138 | -0.295 | 0.466 | -2.342 | 15.678 | -3.27 | -0.108 | -0.177 | 0.555 |
| 68 | 1.164 | 17.052 | -3.98 | -0.016 | -0.28 | 0.509 | 0.974 | 15.75 | -3.194 | -0.005 | -0.013 | 0.523 |
| 69 | 1.168 | 16.66 | -4.084 | -0.06 | -0.274 | 0.468 | 2.05 | 15.914 | -3.21 | 0.041 | -0.201 | 0.446 |
| 70 | 1.012 | 15.532 | -4.068 | -0.166 | -0.432 | 0.495 | 1.262 | 16.254 | -3.254 | 0.005 | -0.369 | 0.461 |
| 71 | 1 | 15.62 | -2.544 | -0.464 | -0.218 | 0.501 | 2.434 | 15.87 | -3.254 | -0.042 | -0.321 | 0.429 |
| 72 | 1.272 | 15.428 | -3.472 | -0.765 | -0.013 | 0.487 | 2.41 | 15.678 | -3.206 | -0.031 | -0.225 | 0.497 |
| 73 | 1.184 | 15.5 | -3.564 | -0.843 | 0.142 | 0.48 | 2.318 | 15.75 | -3.15 | 0.071 | 0.05 | 0.53 |
| 74 | 1.24 | 15.664 | -3.528 | -0.711 | 0.035 | 0.485 | 2.894 | 15.914 | -3.782 | 0.073 | -0.005 | 0.496 |
| 75 | 1.004 | 15.808 | -3.456 | -0.451 | 0.045 | 0.538 | 2.502 | 16.254 | -3.534 | -0.093 | -0.443 | 0.457 |
| 76 | 0.992 | 15.556 | -3.448 | -0.261 | 0.093 | 0.49 | 2.03 | 15.106 | -3.69 | -0.275 | -0.571 | 0.498 |
| 77 | 1.052 | 15.532 | -3.388 | -0.169 | 0.031 | 0.454 | 1.55 | 15.942 | -3.842 | -0.191 | -0.332 | 0.516 |
| 78 | 1.272 | 15.62 | -3.5 | -0.155 | -0.02 | 0.419 | 1.454 | 15.71 | -3.834 | -0.088 | -0.245 | 0.516 |
| 79 | 1.112 | 15.428 | -3.444 | -0.072 | -0.008 | 0.389 | 2.066 | 17.302 | -3.842 | 0.034 | -0.23 | 0.559 |
| 80 | 1.164 | 15.5 | -3.524 | 0.126 | -0.057 | 0.369 | 1.894 | 16.91 | -3.786 | -0.01 | -0.224 | 0.518 |
| 81 | 1.256 | 15.664 | -3.472 | 0.244 | -0.081 | 0.324 | 1.358 | 15.782 | -2.354 | -0.116 | -0.382 | 0.545 |
| 82 | 1.32 | 16.004 | -3.492 | 0.286 | 0.121 | 0.343 | 1.254 | 15.87 | 2.49 | -0.414 | -0.168 | 0.551 |
| 83 | 1.172 | 16.08 | -3.524 | 0.078 | 0.03 | 0.337 | 1.414 | 16.134 | 4.35 | -0.715 | 0.037 | 0.537 |
| 84 | 1.872 | 15.16 | -2.5 | -0.013 | -0.029 | 0.509 | 1.418 | 15.702 | 2.51 | -0.793 | 0.192 | 0.53 |
| 85 | 1.924 | 15.3 | -2.556 | 0.009 | 0.146 | 0.468 | 1.326 | 15.902 | -4.394 | -0.661 | 0.085 | 0.535 |
| 86 | 1.816 | 15.34 | -2.676 | -0.12 | 0.189 | 0.495 | 1.546 | 16.11 | -7.606 | -0.401 | 0.095 | 0.588 |
| 87 | 1.728 | 15.32 | -2.628 | -0.112 | 0.284 | 0.501 | 1.522 | 16.058 | -3.23 | -0.211 | 0.143 | 0.54 |
| 88 | 1.748 | 15.116 | -2.508 | -0.038 | 0.079 | 0.487 | 1.338 | 21.142 | -3.378 | -0.119 | 0.081 | 0.504 |
| 89 | 1.752 | 15.16 | -2.728 | 0.112 | -0.029 | 0.48 | 1.522 | 22.53 | -3.25 | -0.105 | 0.03 | 0.469 |
| 90 | 1.724 | 15.3 | -2.5 | 0.433 | 0.146 | 0.485 | 2.05 | 21.778 | -3.222 | -0.022 | 0.042 | 0.439 |
| 91 | 1.56 | 15.232 | -2.404 | 0.584 | 0.188 | 0.332 | 1.818 | 13.21 | -3.242 | 0.176 | -0.007 | 0.419 |
| 92 | 1.704 | 15.14 | -2.7 | 0.459 | -0.161 | 0.326 | 2.51 | 12.654 | -3.274 | 0.294 | -0.031 | 0.374 |
| 93 | 2.26 | 15.808 | -3.5 | -0.205 | -0.006 | 0.379 | 4.37 | 16.33 | -3.246 | 0.336 | 0.171 | 0.393 |
| 94 | 4.12 | 20.892 | -3.48 | -0.179 | -0.304 | 0.447 | 6.294 | 16.366 | -2.426 | -0.058 | 0.272 | 0.498 |
| 95 | 6.044 | 22.28 | -3.456 | -0.126 | -0.191 | 0.48 | 6.742 | 16.298 | -2.378 | -0.126 | 0.118 | 0.516 |
| 96 | 8.492 | 21.528 | -3.448 | -0.157 | -0.036 | 0.446 | 8.518 | 16.39 | -2.258 | -0.177 | 0.029 | 0.54 |
| 97 | 9.968 | 15.692 | -3.388 | -0.207 | -0.062 | 0.407 | 2.054 | 15.57 | -2.89 | -0.191 | -0.018 | 0.555 |
| 98 | 6.084 | 15.46 | -3.5 | -0.108 | 0.222 | 0.448 | 2.122 | 15.366 | -2.802 | 0.128 | 0.08 | 0.387 |
| 99 | 0.184 | 17.052 | -3.648 | -0.176 | 0.068 | 0.466 | 2.174 | 15.41 | -2.846 | 0.086 | -0.048 | 0.54 |
| 100 | -1.048 | 16.66 | -3.52 | -0.204 | -0.116 | 0.466 | 1.738 | 15.55 | -2.506 | 0.179 | 0.18 | 0.569 |
| 101 | -3.616 | 15.532 | -3.368 | -0.165 | -0.089 | 0.509 | 1.61 | 15.482 | -2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.55 |
| 102 | -4.832 | 15.62 | -3.46 | 0.124 | -0.076 | 0.468 | 1.678 | 15.39 | -2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 103 | -3.424 | 15.428 | -3.436 | 0.054 | -0.041 | 0.495 | 2.078 | 15.59 | 2.237 | -0.08 | 0.005 | 0.497 |
| 104 | -4.956 | 15.5 | -3.46 | -0.035 | -0.011 | 0.501 | 1.838 | 15.57 | -2.334 | -0.154 | -0.066 | 0.516 |
| 105 | -7.092 | 15.664 | -3.516 | -0.101 | -0.076 | 0.487 | 1.886 | 15.366 | -2.338 | -0.115 | -0.039 | 0.559 |
| 106 | -8.336 | 16.004 | -2.676 | -0.095 | 0.043 | 0.48 | 1.762 | 15.41 | -2.41 | 0.174 | -0.026 | 0.518 |
| 107 | -9.396 | 16.08 | -2.628 | -0.1 | 0.036 | 0.485 | 1.966 | 15.55 | -2.25 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 108 | -7.944 | 16.116 | -2.508 | -0.176 | -0.048 | 0.538 | 1.894 | 15.59 | -2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 109 | -2.592 | 16.408 | -2.728 | -0.227 | -0.021 | 0.49 | 1.894 | 16.078 | -2.426 | -0.051 | -0.026 | 0.537 |
| 110 | 0.724 | 14.856 | -2.5 | -0.315 | 0.057 | 0.454 | 1.798 | 16.07 | -2.378 | -0.045 | 0.093 | 0.53 |
| 111 | 1.8 | 14.856 | -2.404 | -0.325 | 0.067 | 0.419 | 1.822 | 16.134 | -2.258 | -0.05 | 0.086 | 0.535 |
| 112 | 2.484 | 15.692 | -3.388 | -0.299 | -0.006 | 0.389 | 1.518 | 16.586 | -2.838 | -0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 113 | 2.752 | 15.46 | -3.5 | -0.351 | -0.022 | 0.369 | 1.63 | 16.25 | -2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 114 | 2.184 | 15.272 | -3.648 | -0.107 | 0.051 | 0.324 | 1.638 | 16.13 | -2.93 | -0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 115 | 2.484 | 15.196 | -3.52 | -0.201 | 0.056 | 0.343 | 1.782 | 15.47 | -2.89 | -0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 116 | 2.752 | 15.12 | -3.368 | -0.405 | -0.036 | 0.337 | 1.818 | 16.054 | -2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 117 | 2.184 | 15.144 | -3.46 | -0.253 | -0.017 | 0.297 | 2.41 | 15.938 | -2.538 | 0.162 | 0.021 | 0.53 |
| 118 | 2.16 | 15.688 | -3.436 | -0.34 | 0.007 | 0.31 | 2.05 | 16.09 | -2.478 | 0.483 | 0.196 | 0.535 |
| 119 | 2.068 | 15.84 | -3.46 | -0.1 | -0.06 | 0.501 | 2.734 | 15.486 | -2.838 | 0.634 | 0.238 | 0.382 |
| 120 | 2.644 | 15.948 | -3.028 | -0.113 | -0.137 | 0.487 | 3.002 | 15.522 | -2.778 | 0.509 | -0.111 | 0.376 |

DATA SIMULASI BENAR 1

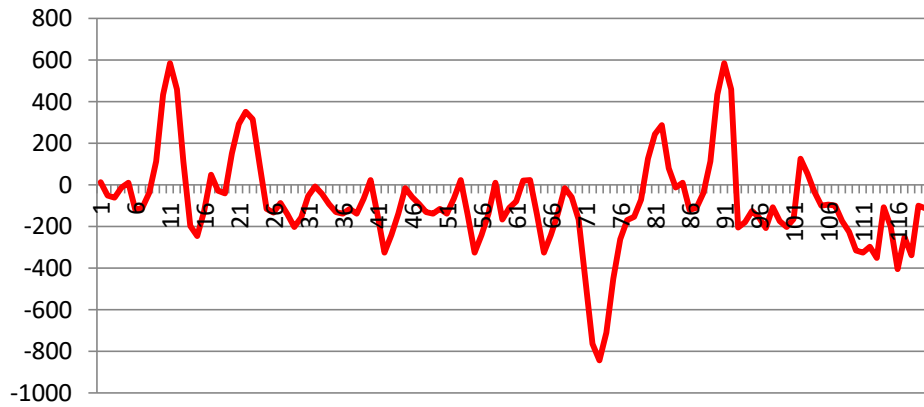
ACCELEROMETER



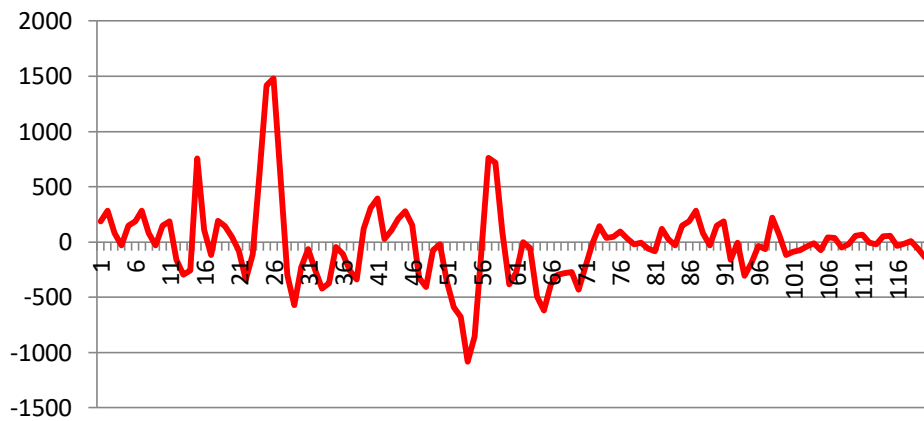
DATA SIMULASI BENAR 1

GYROSCOPE

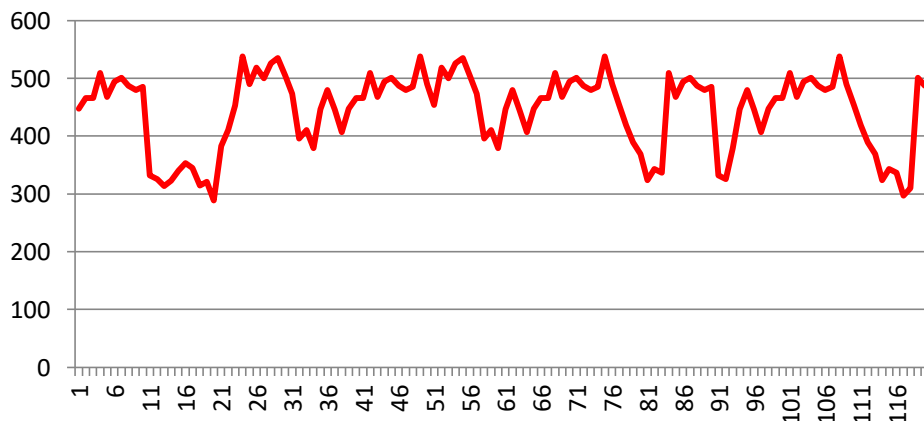
Sumbu X



Sumbu Y



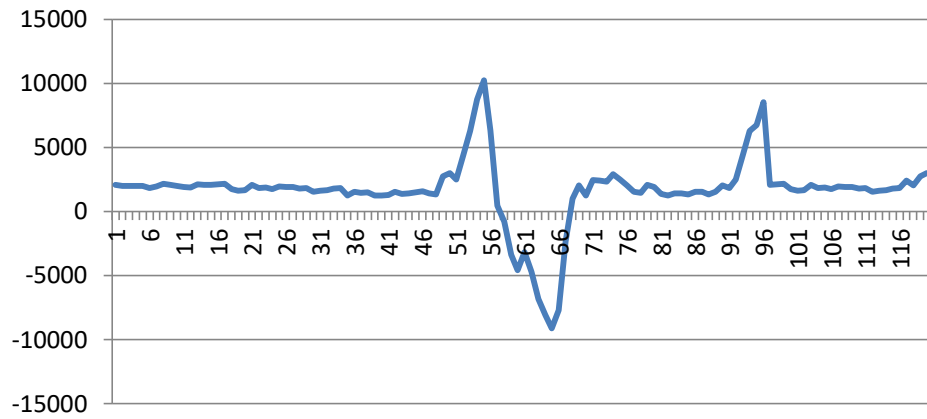
Sumbu Z



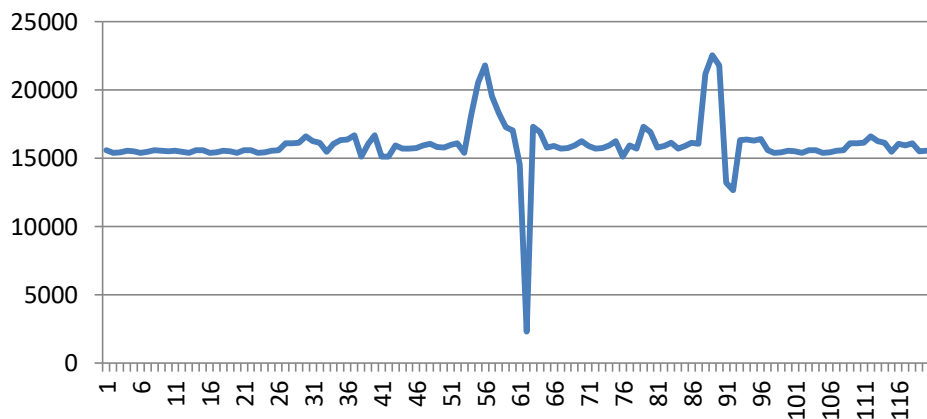
DATA SIMULASI BENAR 2

ACCELEROMETER

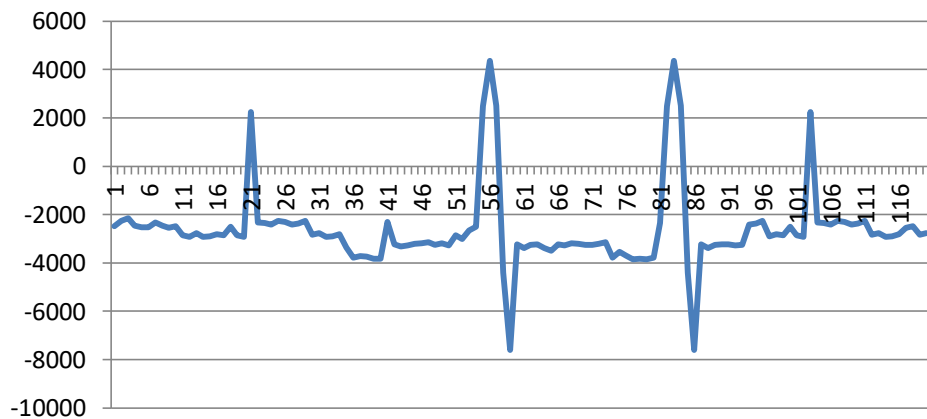
Sumbu X



Sumbu Y



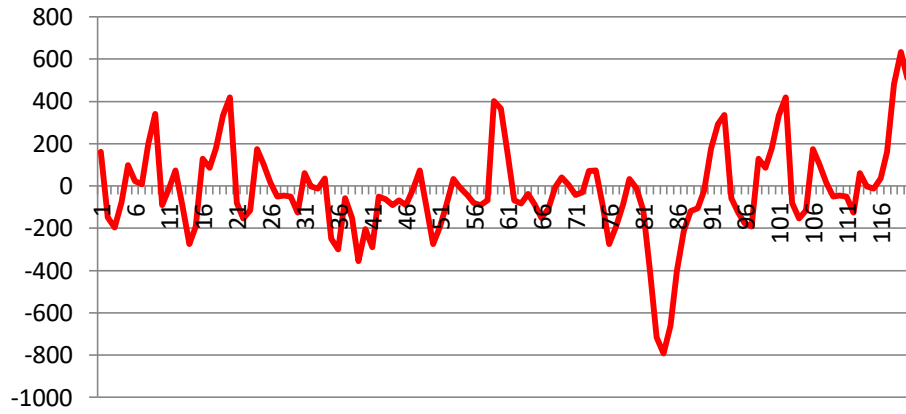
Sumbu Z



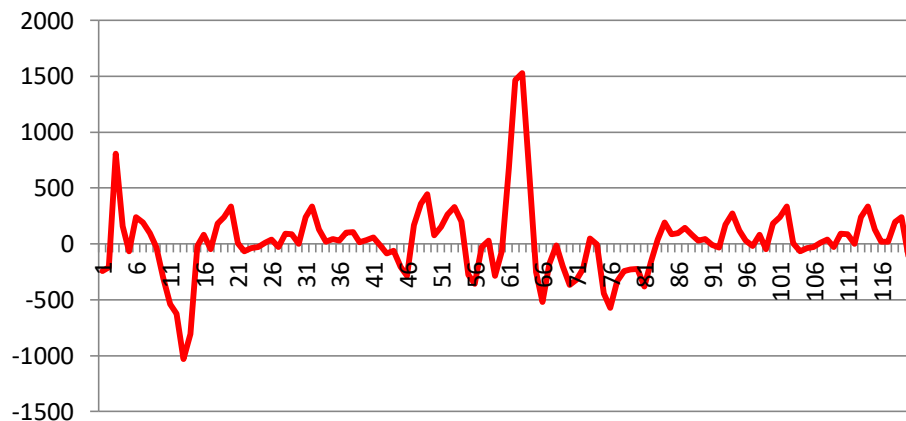
DATA SIMULASI BENAR 2

GYROSCOPE

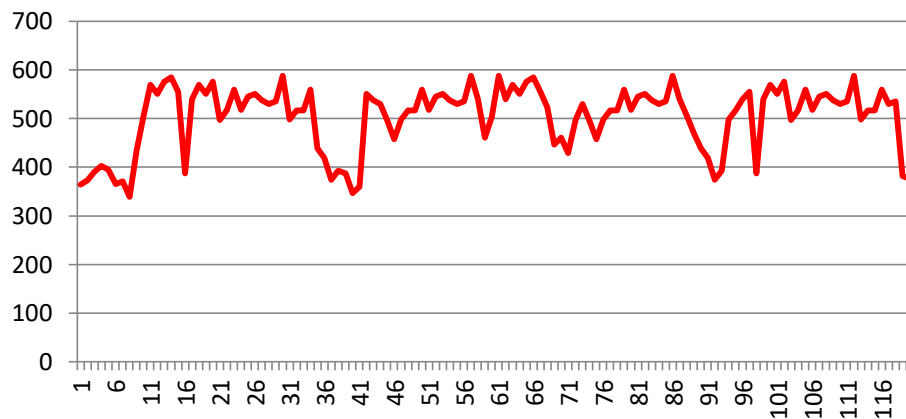
Sumbu X



Sumbu Y



Sumbu Z



| No. | ERROR | | | | | | ERROR KUADRAT | | | | | |
|-----|---------------|--------|--------|-----------|--------|--------|---------------|---------|--------|-----------|-------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | -0.21 | -0.23 | -0.106 | -0.15 | 0.434 | 0.084 | 0.044 | 0.053 | 0.011 | 0.023 | 0.188 | 0.007 |
| 2 | -0.134 | -0.046 | -0.338 | 0.096 | 0.491 | 0.093 | 0.018 | 0.002 | 0.114 | 0.009 | 0.241 | 0.009 |
| 3 | -0.194 | -0.294 | -0.506 | 0.134 | -0.729 | 0.076 | 0.038 | 0.086 | 0.256 | 0.018 | 0.531 | 0.006 |
| 4 | -0.13 | -0.39 | -0.05 | 0.063 | -0.189 | 0.106 | 0.017 | 0.152 | 0.002 | 0.004 | 0.036 | 0.011 |
| 5 | -0.05 | -0.182 | -0.038 | -0.089 | 0.214 | 0.073 | 0.003 | 0.033 | 0.001 | 0.008 | 0.046 | 0.005 |
| 6 | 0.006 | -0.05 | -0.142 | -0.142 | -0.051 | 0.13 | 0.000 | 0.003 | 0.020 | 0.020 | 0.003 | 0.017 |
| 7 | -0.226 | -0.15 | -0.298 | -0.12 | 0.091 | 0.13 | 0.051 | 0.023 | 0.089 | 0.014 | 0.008 | 0.017 |
| 8 | -0.426 | -0.442 | -0.05 | -0.239 | -0.017 | 0.148 | 0.181 | 0.195 | 0.002 | 0.057 | 0.000 | 0.022 |
| 9 | -0.314 | -0.382 | -0.19 | -0.23 | 0.001 | 0.047 | 0.099 | 0.146 | 0.036 | 0.053 | 0.000 | 0.002 |
| 10 | -0.254 | -0.186 | -0.022 | 0.523 | 0.453 | -0.019 | 0.065 | 0.035 | 0.000 | 0.274 | 0.205 | 0.000 |
| 11 | -0.35 | -0.29 | 0.45 | 0.601 | 0.728 | -0.237 | 0.123 | 0.084 | 0.203 | 0.361 | 0.530 | 0.056 |
| 12 | -0.154 | -0.306 | 0.226 | 0.386 | 0.465 | -0.224 | 0.024 | 0.094 | 0.051 | 0.149 | 0.216 | 0.050 |
| 13 | -0.182 | -0.15 | -0.01 | 0.205 | 0.738 | -0.262 | 0.033 | 0.022 | 0.000 | 0.042 | 0.545 | 0.069 |
| 14 | -0.278 | -0.282 | 0.146 | 0.076 | 0.55 | -0.262 | 0.077 | 0.080 | 0.021 | 0.006 | 0.303 | 0.069 |
| 15 | -0.326 | -0.278 | 0.31 | -0.055 | 0.776 | -0.215 | 0.106 | 0.077 | 0.096 | 0.003 | 0.602 | 0.046 |
| 16 | -0.462 | -0.13 | 0.094 | -0.254 | 0.03 | -0.034 | 0.213 | 0.017 | 0.009 | 0.065 | 0.001 | 0.001 |
| 17 | -0.566 | -0.138 | 0.058 | -0.038 | -0.07 | -0.195 | 0.320 | 0.019 | 0.003 | 0.001 | 0.005 | 0.038 |
| 18 | -0.166 | -0.354 | -0.222 | -0.207 | 0.01 | -0.254 | 0.028 | 0.125 | 0.049 | 0.043 | 0.000 | 0.065 |
| 19 | -0.342 | -0.362 | -0.234 | -0.376 | -0.096 | -0.229 | 0.117 | 0.131 | 0.055 | 0.141 | 0.009 | 0.052 |
| 20 | -0.298 | -0.05 | -0.102 | -0.268 | -0.288 | -0.287 | 0.089 | 0.003 | 0.010 | 0.072 | 0.083 | 0.082 |
| 21 | -0.69 | -0.27 | -5.417 | 0.372 | -0.085 | -0.114 | 0.476 | 0.073 | 29.344 | 0.138 | 0.007 | 0.013 |
| 22 | -0.306 | -0.454 | -0.806 | 0.505 | -0.272 | -0.105 | 0.094 | 0.206 | 0.650 | 0.255 | 0.074 | 0.011 |
| 23 | -0.398 | -0.206 | -0.714 | 0.431 | -0.071 | -0.106 | 0.158 | 0.042 | 0.510 | 0.186 | 0.005 | 0.011 |
| 24 | -0.402 | -0.11 | -0.686 | -0.076 | 0.656 | 0.02 | 0.162 | 0.012 | 0.471 | 0.006 | 0.430 | 0.000 |
| 25 | -0.538 | -0.318 | -1.002 | -0.221 | 1.41 | -0.055 | 0.289 | 0.101 | 1.004 | 0.049 | 1.988 | 0.003 |
| 26 | -0.066 | -0.45 | -0.602 | -0.148 | 1.442 | -0.032 | 0.004 | 0.202 | 0.362 | 0.022 | 2.079 | 0.001 |
| 27 | -0.306 | -0.858 | -0.33 | -0.037 | 0.624 | -0.037 | 0.094 | 0.736 | 0.109 | 0.001 | 0.389 | 0.001 |
| 28 | -0.162 | -0.266 | -0.726 | -0.096 | -0.393 | -0.004 | 0.026 | 0.071 | 0.527 | 0.009 | 0.154 | 0.000 |
| 29 | -0.31 | -0.414 | -0.918 | -0.152 | -0.657 | 0 | 0.096 | 0.171 | 0.843 | 0.023 | 0.432 | 0.000 |
| 30 | 0.198 | -0.758 | -0.17 | -0.032 | -0.229 | -0.083 | 0.039 | 0.575 | 0.029 | 0.001 | 0.052 | 0.007 |
| 31 | 0.014 | -0.43 | -0.402 | -0.117 | -0.302 | -0.025 | 0.000 | 0.185 | 0.162 | 0.014 | 0.091 | 0.001 |
| 32 | 0.006 | -0.246 | -0.21 | -0.006 | -0.585 | -0.12 | 0.000 | 0.061 | 0.044 | 0.000 | 0.342 | 0.014 |
| 33 | -0.234 | 0.866 | -0.162 | -0.033 | -0.548 | -0.105 | 0.055 | 0.750 | 0.026 | 0.001 | 0.300 | 0.011 |
| 34 | -0.25 | -0.054 | -0.294 | -0.129 | -0.392 | -0.18 | 0.063 | 0.003 | 0.086 | 0.017 | 0.154 | 0.032 |
| 35 | 1.01 | -0.45 | 0.606 | 0.119 | -0.089 | 0.008 | 1.020 | 0.202 | 0.367 | 0.014 | 0.008 | 0.000 |
| 36 | 2.598 | -0.55 | 0.674 | 0.161 | -0.137 | 0.061 | 6.750 | 0.302 | 0.454 | 0.026 | 0.019 | 0.004 |
| 37 | 4.61 | -1.514 | 0.542 | -0.06 | -0.357 | 0.072 | 21.252 | 2.292 | 0.294 | 0.004 | 0.127 | 0.005 |
| 38 | 7.002 | 2.786 | 5.717 | 0.011 | -0.443 | 0.014 | 49.028 | 7.762 | 32.684 | 0.000 | 0.196 | 0.000 |
| 39 | 8.714 | 4.234 | 6.074 | 0.288 | 0.106 | 0.061 | 75.934 | 17.927 | 36.893 | 0.083 | 0.011 | 0.004 |
| 40 | 4.842 | 4.87 | 7.918 | 0.226 | 0.276 | 0.119 | 23.445 | 23.717 | 62.695 | 0.051 | 0.076 | 0.014 |
| 41 | -1.118 | 4.158 | 4.554 | 0.147 | 0.336 | 0.106 | 1.250 | 17.289 | 20.739 | 0.022 | 0.113 | 0.011 |
| 42 | -2.57 | 2.934 | -1.422 | -0.275 | 0.037 | -0.042 | 6.605 | 8.608 | 2.022 | 0.076 | 0.001 | 0.002 |
| 43 | -4.978 | 1.082 | -4.542 | -0.178 | 0.192 | -0.069 | 24.780 | 1.171 | 20.630 | 0.032 | 0.037 | 0.005 |
| 44 | -6.246 | 1.078 | -0.202 | -0.048 | 0.272 | -0.035 | 39.013 | 1.162 | 0.041 | 0.002 | 0.074 | 0.001 |
| 45 | -4.93 | -1.398 | -0.422 | 0.051 | 0.484 | 0.005 | 24.305 | 1.954 | 0.178 | 0.003 | 0.234 | 0.000 |
| 46 | -6.526 | -13.7 | -0.302 | 0.03 | 0.439 | 0.03 | 42.589 | 187.745 | 0.091 | 0.001 | 0.193 | 0.001 |
| 47 | -8.514 | -0.118 | -0.342 | -0.075 | -0.495 | -0.018 | 72.488 | 0.014 | 0.117 | 0.006 | 0.245 | 0.000 |
| 48 | -9.678 | 0.35 | -0.378 | -0.203 | -0.768 | -0.031 | 93.664 | 0.123 | 0.143 | 0.041 | 0.590 | 0.001 |
| 49 | -12.13 | -0.95 | -0.554 | -0.047 | -0.519 | 0.022 | 147.137 | 0.902 | 0.307 | 0.002 | 0.269 | 0.000 |
| 50 | -10.95 | -0.926 | -0.214 | 0.158 | -0.096 | -0.069 | 119.815 | 0.857 | 0.046 | 0.025 | 0.009 | 0.005 |
| 51 | -5.102 | -0.278 | -0.674 | 0.051 | -0.512 | -0.064 | 26.030 | 0.077 | 0.454 | 0.003 | 0.262 | 0.004 |
| 52 | -3.646 | -0.606 | -0.442 | 0.021 | -0.853 | -0.026 | 13.293 | 0.367 | 0.195 | 0.000 | 0.728 | 0.001 |
| 53 | -4.494 | 1.658 | -0.802 | -0.011 | -1.004 | -0.051 | 20.196 | 2.749 | 0.643 | 0.000 | 1.008 | 0.003 |
| 54 | -6.258 | -1.482 | -0.998 | -0.133 | -1.285 | -0.011 | 39.163 | 2.196 | 0.996 | 0.018 | 1.651 | 0.000 |
| 55 | -7.466 | -4.998 | -6.102 | -0.283 | -0.582 | 0.005 | 55.741 | 24.980 | 37.234 | 0.080 | 0.339 | 0.000 |
| 56 | -4.15 | -6.158 | -7.854 | -0.161 | 0.291 | -0.03 | 17.223 | 37.921 | 61.685 | 0.026 | 0.085 | 0.001 |
| 57 | 1.726 | -4.086 | -5.966 | -0.048 | 0.789 | -0.115 | 2.979 | 16.695 | 35.593 | 0.002 | 0.623 | 0.013 |
| 58 | 2.866 | -2.79 | 0.994 | 0.076 | 0.688 | -0.144 | 8.214 | 7.784 | 0.988 | 0.006 | 0.473 | 0.021 |
| 59 | 6.01 | -1.61 | 3.574 | -0.568 | 0.376 | -0.05 | 36.120 | 2.592 | 12.773 | 0.323 | 0.141 | 0.003 |
| 60 | 6.834 | -1.034 | -0.554 | -0.477 | -0.324 | -0.124 | 46.704 | 1.069 | 0.307 | 0.228 | 0.105 | 0.015 |
| 61 | 4.954 | 1.55 | -0.562 | -0.229 | -0.955 | -0.141 | 24.542 | 2.403 | 0.316 | 0.052 | 0.912 | 0.020 |
| 62 | 6.006 | 13.818 | -0.842 | 0.088 | -1.469 | -0.06 | 36.072 | 190.937 | 0.709 | 0.008 | 2.158 | 0.004 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 63 | 8.046 | -0.894 | -0.854 | 0.106 | -1.586 | -0.123 | 64.738 | 0.799 | 0.729 | 0.011 | 2.515 | 0.015 |
| 64 | 9.902 | -2.054 | -0.714 | -0.105 | -1.141 | -0.143 | 98.050 | 4.219 | 0.510 | 0.011 | 1.302 | 0.020 |
| 65 | 10.79 | -0.926 | -0.538 | -0.234 | -0.371 | -0.128 | 116.424 | 0.857 | 0.289 | 0.055 | 0.138 | 0.016 |
| 66 | 8.802 | -0.178 | -0.79 | -0.089 | 0.139 | -0.119 | 77.475 | 0.032 | 0.624 | 0.008 | 0.019 | 0.014 |
| 67 | 3.346 | -0.218 | -0.698 | -0.03 | -0.118 | -0.089 | 11.196 | 0.048 | 0.487 | 0.001 | 0.014 | 0.008 |
| 68 | 0.19 | 1.302 | -0.786 | -0.011 | -0.267 | -0.014 | 0.036 | 1.695 | 0.618 | 0.000 | 0.071 | 0.000 |
| 69 | -0.882 | 0.746 | -0.874 | -0.101 | -0.073 | 0.022 | 0.778 | 0.557 | 0.764 | 0.010 | 0.005 | 0.000 |
| 70 | -0.25 | -0.722 | -0.814 | -0.171 | -0.063 | 0.034 | 0.063 | 0.521 | 0.663 | 0.029 | 0.004 | 0.001 |
| 71 | -1.434 | -0.25 | 0.71 | -0.422 | 0.103 | 0.072 | 2.056 | 0.063 | 0.504 | 0.178 | 0.011 | 0.005 |
| 72 | -1.138 | -0.25 | -0.266 | -0.734 | 0.212 | -0.01 | 1.295 | 0.063 | 0.071 | 0.539 | 0.045 | 0.000 |
| 73 | -1.134 | -0.25 | -0.414 | -0.914 | 0.092 | -0.05 | 1.286 | 0.063 | 0.171 | 0.835 | 0.008 | 0.003 |
| 74 | -1.654 | -0.25 | 0.254 | -0.784 | 0.04 | -0.011 | 2.736 | 0.063 | 0.065 | 0.615 | 0.002 | 0.000 |
| 75 | -1.498 | -0.446 | 0.078 | -0.358 | 0.488 | 0.081 | 2.244 | 0.199 | 0.006 | 0.128 | 0.238 | 0.007 |
| 76 | -1.038 | 0.45 | 0.242 | 0.014 | 0.664 | -0.008 | 1.077 | 0.202 | 0.059 | 0.000 | 0.441 | 0.000 |
| 77 | -0.498 | -0.41 | 0.454 | 0.022 | 0.363 | -0.062 | 0.248 | 0.168 | 0.206 | 0.000 | 0.132 | 0.004 |
| 78 | -0.182 | -0.09 | 0.334 | -0.067 | 0.225 | -0.097 | 0.033 | 0.008 | 0.112 | 0.004 | 0.051 | 0.009 |
| 79 | -0.954 | -1.874 | 0.398 | -0.106 | 0.222 | -0.17 | 0.910 | 3.512 | 0.158 | 0.011 | 0.049 | 0.029 |
| 80 | -0.73 | -1.41 | 0.262 | 0.136 | 0.167 | -0.149 | 0.533 | 1.988 | 0.069 | 0.018 | 0.028 | 0.022 |
| 81 | -0.102 | -0.118 | -1.118 | 0.36 | 0.301 | -0.221 | 0.010 | 0.014 | 1.250 | 0.130 | 0.091 | 0.049 |
| 82 | 0.066 | 0.134 | -5.982 | 0.7 | 0.289 | -0.208 | 0.004 | 0.018 | 35.784 | 0.490 | 0.084 | 0.043 |
| 83 | -0.242 | -0.054 | -7.874 | 0.793 | -0.007 | -0.2 | 0.059 | 0.003 | 62.000 | 0.629 | 0.000 | 0.040 |
| 84 | 0.454 | -0.542 | -5.01 | 0.78 | -0.221 | -0.021 | 0.206 | 0.294 | 25.100 | 0.608 | 0.049 | 0.000 |
| 85 | 0.598 | -0.602 | 1.838 | 0.67 | 0.061 | -0.067 | 0.358 | 0.362 | 3.378 | 0.449 | 0.004 | 0.004 |
| 86 | 0.27 | -0.77 | 4.93 | 0.281 | 0.094 | -0.093 | 0.073 | 0.593 | 24.305 | 0.079 | 0.009 | 0.009 |
| 87 | 0.206 | -0.738 | 0.602 | 0.099 | 0.141 | -0.039 | 0.042 | 0.545 | 0.362 | 0.010 | 0.020 | 0.002 |
| 88 | 0.41 | -6.026 | 0.87 | 0.081 | -0.002 | -0.017 | 0.168 | 36.313 | 0.757 | 0.007 | 0.000 | 0.000 |
| 89 | 0.23 | -7.37 | 0.522 | 0.217 | -0.059 | 0.011 | 0.053 | 54.317 | 0.272 | 0.047 | 0.003 | 0.000 |
| 90 | -0.326 | -6.478 | 0.722 | 0.455 | 0.104 | 0.046 | 0.106 | 41.964 | 0.521 | 0.207 | 0.011 | 0.002 |
| 91 | -0.258 | 2.022 | 0.838 | 0.408 | 0.195 | -0.087 | 0.067 | 4.088 | 0.702 | 0.166 | 0.038 | 0.008 |
| 92 | -0.806 | 2.486 | 0.574 | 0.165 | -0.13 | -0.048 | 0.650 | 6.180 | 0.329 | 0.027 | 0.017 | 0.002 |
| 93 | -2.11 | -0.522 | -0.254 | -0.541 | -0.177 | -0.014 | 4.452 | 0.272 | 0.065 | 0.293 | 0.031 | 0.000 |
| 94 | -2.174 | 4.526 | -1.054 | -0.121 | -0.576 | -0.051 | 4.726 | 20.485 | 1.111 | 0.015 | 0.332 | 0.003 |
| 95 | -0.698 | 5.982 | -1.078 | 0 | -0.309 | -0.036 | 0.487 | 35.784 | 1.162 | 0.000 | 0.095 | 0.001 |
| 96 | -0.026 | 5.138 | -1.19 | 0.02 | -0.065 | -0.094 | 0.001 | 26.399 | 1.416 | 0.000 | 0.004 | 0.009 |
| 97 | 7.914 | 0.122 | -0.498 | -0.016 | -0.044 | -0.148 | 62.631 | 0.015 | 0.248 | 0.000 | 0.002 | 0.022 |
| 98 | 3.962 | 0.094 | -0.698 | -0.236 | 0.142 | 0.061 | 15.697 | 0.009 | 0.487 | 0.056 | 0.020 | 0.004 |
| 99 | -1.99 | 1.642 | -0.802 | -0.262 | 0.116 | -0.074 | 3.960 | 2.696 | 0.643 | 0.069 | 0.013 | 0.005 |
| 100 | -2.786 | 1.11 | -1.014 | -0.383 | -0.296 | -0.103 | 7.762 | 1.232 | 1.028 | 0.147 | 0.088 | 0.011 |
| 101 | -5.226 | 0.05 | -0.514 | -0.499 | -0.328 | -0.041 | 27.311 | 0.003 | 0.264 | 0.249 | 0.108 | 0.002 |
| 102 | -6.51 | 0.23 | -0.534 | -0.295 | -0.41 | -0.108 | 42.380 | 0.053 | 0.285 | 0.087 | 0.168 | 0.012 |
| 103 | -5.502 | -0.162 | -5.673 | 0.134 | -0.046 | -0.002 | 30.272 | 0.026 | 32.183 | 0.018 | 0.002 | 0.000 |
| 104 | -6.794 | -0.07 | -1.126 | 0.119 | 0.055 | -0.015 | 46.158 | 0.005 | 1.268 | 0.014 | 0.003 | 0.000 |
| 105 | -8.978 | 0.298 | -1.178 | 0.014 | -0.037 | -0.072 | 80.604 | 0.089 | 1.388 | 0.000 | 0.001 | 0.005 |
| 106 | -10.1 | 0.594 | -0.266 | -0.269 | 0.069 | -0.038 | 101.970 | 0.353 | 0.071 | 0.072 | 0.005 | 0.001 |
| 107 | -11.36 | 0.53 | -0.378 | -0.204 | 0.027 | -0.06 | 129.095 | 0.281 | 0.143 | 0.042 | 0.001 | 0.004 |
| 108 | -9.838 | 0.526 | -0.202 | -0.191 | -0.087 | -0.013 | 96.786 | 0.277 | 0.041 | 0.036 | 0.008 | 0.000 |
| 109 | -4.486 | 0.33 | -0.302 | -0.176 | 0.005 | -0.047 | 20.124 | 0.109 | 0.091 | 0.031 | 0.000 | 0.002 |
| 110 | -1.074 | -1.214 | -0.122 | -0.27 | -0.036 | -0.076 | 1.153 | 1.474 | 0.015 | 0.073 | 0.001 | 0.006 |
| 111 | -0.022 | -1.278 | -0.146 | -0.275 | -0.019 | -0.116 | 0.000 | 1.633 | 0.021 | 0.076 | 0.000 | 0.013 |
| 112 | 0.966 | -0.894 | -0.55 | -0.173 | -0.008 | -0.199 | 0.933 | 0.799 | 0.303 | 0.030 | 0.000 | 0.040 |
| 113 | 1.122 | -0.79 | -0.722 | -0.413 | -0.261 | -0.129 | 1.259 | 0.624 | 0.521 | 0.171 | 0.068 | 0.017 |
| 114 | 0.546 | -0.858 | -0.718 | -0.104 | -0.283 | -0.192 | 0.298 | 0.736 | 0.516 | 0.011 | 0.080 | 0.037 |
| 115 | 0.702 | -0.274 | -0.63 | -0.189 | -0.073 | -0.173 | 0.493 | 0.075 | 0.397 | 0.036 | 0.005 | 0.030 |
| 116 | 0.934 | -0.934 | -0.566 | -0.442 | -0.057 | -0.222 | 0.872 | 0.872 | 0.320 | 0.195 | 0.003 | 0.049 |
| 117 | -0.226 | -0.794 | -0.922 | -0.415 | -0.038 | -0.233 | 0.051 | 0.630 | 0.850 | 0.172 | 0.001 | 0.054 |
| 118 | 0.11 | -0.402 | -0.958 | -0.823 | -0.189 | -0.225 | 0.012 | 0.162 | 0.918 | 0.677 | 0.036 | 0.051 |
| 119 | -0.666 | 0.354 | -0.622 | -0.734 | -0.298 | 0.119 | 0.444 | 0.125 | 0.387 | 0.539 | 0.089 | 0.014 |
| 120 | -0.358 | 0.426 | -0.25 | -0.622 | -0.026 | 0.111 | 0.128 | 0.181 | 0.063 | 0.387 | 0.001 | 0.012 |
| jmlh | -84.56 | -24.81 | -52.05 | -7.37 | -4.85 | -6.952 | 2141.58 | 821.54 | 571.86 | 12.01 | 27.30 | 1.58 |

| No. | [ERROR] | | | | | | [ERROR/Data Awal | | | | | |
|-----|---------------|--------|-------|-----------|-------|-------|------------------|--------|-------|-----------|-------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 0.150 | 0.434 | 0.084 | 2.066 | 15.570 | 2.478 | 0.162 | 0.245 | 0.364 |
| 2 | 0.134 | 0.046 | 0.338 | 0.096 | 0.491 | 0.093 | 1.978 | 15.366 | 2.250 | 0.149 | 0.207 | 0.373 |
| 3 | 0.194 | 0.294 | 0.506 | 0.134 | 0.729 | 0.076 | 1.998 | 15.410 | 2.154 | 0.196 | 0.808 | 0.390 |
| 4 | 0.130 | 0.390 | 0.050 | 0.063 | 0.189 | 0.106 | 2.002 | 15.550 | 2.450 | 0.076 | 0.160 | 0.403 |
| 5 | 0.050 | 0.182 | 0.038 | 0.089 | 0.214 | 0.073 | 1.974 | 15.482 | 2.518 | 0.098 | 0.068 | 0.395 |
| 6 | 0.006 | 0.050 | 0.142 | 0.142 | 0.051 | 0.130 | 1.810 | 15.390 | 2.534 | 0.022 | 0.240 | 0.365 |
| 7 | 0.226 | 0.150 | 0.298 | 0.120 | 0.091 | 0.130 | 1.954 | 15.470 | 2.330 | 0.008 | 0.193 | 0.371 |
| 8 | 0.426 | 0.442 | 0.050 | 0.239 | 0.017 | 0.148 | 2.174 | 15.558 | 2.458 | 0.201 | 0.096 | 0.339 |
| 9 | 0.314 | 0.382 | 0.190 | 0.230 | 0.001 | 0.047 | 2.066 | 15.542 | 2.538 | 0.342 | 0.030 | 0.433 |
| 10 | 0.254 | 0.186 | 0.022 | 0.523 | 0.453 | 0.019 | 1.978 | 15.486 | 2.478 | 0.090 | 0.307 | 0.504 |
| 11 | 0.350 | 0.290 | 0.450 | 0.601 | 0.728 | 0.237 | 1.910 | 15.522 | 2.854 | 0.017 | 0.540 | 0.569 |
| 12 | 0.154 | 0.306 | 0.226 | 0.386 | 0.465 | 0.224 | 1.858 | 15.446 | 2.926 | 0.073 | 0.626 | 0.550 |
| 13 | 0.182 | 0.150 | 0.010 | 0.205 | 0.738 | 0.262 | 2.106 | 15.370 | 2.758 | 0.093 | 1.033 | 0.576 |
| 14 | 0.278 | 0.282 | 0.146 | 0.076 | 0.550 | 0.262 | 2.094 | 15.590 | 2.930 | 0.275 | 0.807 | 0.585 |
| 15 | 0.326 | 0.278 | 0.310 | 0.055 | 0.776 | 0.215 | 2.054 | 15.570 | 2.890 | 0.191 | 0.018 | 0.555 |
| 16 | 0.462 | 0.130 | 0.094 | 0.254 | 0.030 | 0.034 | 2.122 | 15.366 | 2.802 | 0.128 | 0.080 | 0.387 |
| 17 | 0.566 | 0.138 | 0.058 | 0.038 | 0.070 | 0.195 | 2.174 | 15.410 | 2.846 | 0.086 | 0.048 | 0.540 |
| 18 | 0.166 | 0.354 | 0.222 | 0.207 | 0.010 | 0.254 | 1.738 | 15.550 | 2.506 | 0.179 | 0.180 | 0.569 |
| 19 | 0.342 | 0.362 | 0.234 | 0.376 | 0.096 | 0.229 | 1.610 | 15.482 | 2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.550 |
| 20 | 0.298 | 0.050 | 0.102 | 0.268 | 0.288 | 0.287 | 1.678 | 15.390 | 2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 21 | 0.690 | 0.270 | 5.417 | 0.372 | 0.085 | 0.114 | 2.078 | 15.590 | 2.237 | 0.080 | 0.005 | 0.497 |
| 22 | 0.306 | 0.454 | 0.806 | 0.505 | 0.272 | 0.105 | 1.838 | 15.570 | 2.334 | 0.154 | 0.066 | 0.516 |
| 23 | 0.398 | 0.206 | 0.714 | 0.431 | 0.071 | 0.106 | 1.886 | 15.366 | 2.338 | 0.115 | 0.039 | 0.559 |
| 24 | 0.402 | 0.110 | 0.686 | 0.076 | 0.656 | 0.020 | 1.762 | 15.410 | 2.410 | 0.174 | 0.026 | 0.518 |
| 25 | 0.538 | 0.318 | 1.002 | 0.221 | 1.410 | 0.055 | 1.966 | 15.550 | 2.250 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 26 | 0.066 | 0.450 | 0.602 | 0.148 | 1.442 | 0.032 | 1.894 | 15.590 | 2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 27 | 0.306 | 0.858 | 0.330 | 0.037 | 0.624 | 0.037 | 1.894 | 16.078 | 2.426 | 0.051 | 0.026 | 0.537 |
| 28 | 0.162 | 0.266 | 0.726 | 0.096 | 0.393 | 0.004 | 1.798 | 16.070 | 2.378 | 0.045 | 0.093 | 0.530 |
| 29 | 0.310 | 0.414 | 0.918 | 0.152 | 0.657 | 0.000 | 1.822 | 16.134 | 2.258 | 0.050 | 0.086 | 0.535 |
| 30 | 0.198 | 0.758 | 0.170 | 0.032 | 0.229 | 0.083 | 1.518 | 16.586 | 2.838 | 0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 31 | 0.014 | 0.430 | 0.402 | 0.117 | 0.302 | 0.025 | 1.630 | 16.250 | 2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 32 | 0.006 | 0.246 | 0.210 | 0.006 | 0.585 | 0.120 | 1.638 | 16.130 | 2.930 | 0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 33 | 0.234 | 0.866 | 0.162 | 0.033 | 0.548 | 0.105 | 1.782 | 15.470 | 2.890 | 0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 34 | 0.250 | 0.054 | 0.294 | 0.129 | 0.392 | 0.180 | 1.818 | 16.054 | 2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 35 | 1.010 | 0.450 | 0.606 | 0.119 | 0.089 | 0.008 | 1.250 | 16.330 | 3.362 | 0.249 | 0.044 | 0.439 |
| 36 | 2.598 | 0.550 | 0.674 | 0.161 | 0.137 | 0.061 | 1.522 | 16.366 | 3.778 | 0.301 | 0.028 | 0.419 |
| 37 | 4.610 | 1.514 | 0.542 | 0.060 | 0.357 | 0.072 | 1.434 | 16.658 | 3.718 | 0.057 | 0.101 | 0.374 |
| 38 | 7.002 | 2.786 | 5.717 | 0.011 | 0.443 | 0.014 | 1.490 | 15.106 | 3.730 | 0.151 | 0.106 | 0.393 |
| 39 | 8.714 | 4.234 | 6.074 | 0.288 | 0.106 | 0.061 | 1.254 | 16.046 | 3.834 | 0.355 | 0.014 | 0.387 |
| 40 | 4.842 | 4.870 | 7.918 | 0.226 | 0.276 | 0.119 | 1.242 | 16.658 | 3.818 | 0.203 | 0.033 | 0.347 |
| 41 | 1.118 | 4.158 | 4.554 | 0.147 | 0.336 | 0.106 | 1.302 | 15.106 | 2.294 | 0.290 | 0.057 | 0.360 |
| 42 | 2.570 | 2.934 | 1.422 | 0.275 | 0.037 | 0.042 | 1.522 | 15.106 | 3.222 | 0.050 | 0.010 | 0.551 |
| 43 | 4.978 | 1.082 | 4.542 | 0.178 | 0.192 | 0.069 | 1.362 | 15.942 | 3.314 | 0.063 | 0.087 | 0.537 |
| 44 | 6.246 | 1.078 | 0.202 | 0.048 | 0.272 | 0.035 | 1.414 | 15.710 | 3.278 | 0.090 | 0.059 | 0.530 |
| 45 | 4.930 | 1.398 | 0.422 | 0.051 | 0.484 | 0.005 | 1.506 | 15.678 | 3.206 | 0.067 | 0.206 | 0.496 |
| 46 | 6.526 | 13.702 | 0.302 | 0.030 | 0.439 | 0.030 | 1.570 | 15.750 | 3.198 | 0.090 | 0.287 | 0.457 |
| 47 | 8.514 | 0.118 | 0.342 | 0.075 | 0.495 | 0.018 | 1.422 | 15.914 | 3.138 | 0.017 | 0.170 | 0.498 |
| 48 | 9.678 | 0.350 | 0.378 | 0.203 | 0.768 | 0.031 | 1.342 | 16.058 | 3.250 | 0.073 | 0.359 | 0.516 |
| 49 | 12.130 | 0.950 | 0.554 | 0.047 | 0.519 | 0.022 | 2.734 | 15.806 | 3.194 | 0.093 | 0.443 | 0.516 |
| 50 | 10.946 | 0.926 | 0.214 | 0.158 | 0.096 | 0.069 | 3.002 | 15.782 | 3.274 | 0.275 | 0.077 | 0.559 |
| 51 | 5.102 | 0.278 | 0.674 | 0.051 | 0.512 | 0.064 | 2.510 | 15.970 | 2.846 | 0.191 | 0.155 | 0.518 |
| 52 | 3.646 | 0.606 | 0.442 | 0.021 | 0.853 | 0.026 | 4.370 | 16.066 | 3.002 | 0.088 | 0.263 | 0.545 |
| 53 | 4.494 | 1.658 | 0.802 | 0.011 | 1.004 | 0.051 | 6.294 | 15.394 | 2.658 | 0.034 | 0.328 | 0.551 |
| 54 | 6.258 | 1.482 | 0.998 | 0.133 | 1.285 | 0.011 | 8.742 | 18.142 | 2.506 | 0.010 | 0.202 | 0.537 |
| 55 | 7.466 | 4.998 | 6.102 | 0.283 | 0.582 | 0.005 | 10.218 | 20.530 | 2.490 | 0.042 | 0.275 | 0.530 |
| 56 | 4.150 | 6.158 | 7.854 | 0.161 | 0.291 | 0.030 | 6.334 | 21.778 | 4.350 | 0.080 | 0.359 | 0.535 |
| 57 | 1.726 | 4.086 | 5.966 | 0.048 | 0.789 | 0.115 | 0.434 | 19.514 | 2.510 | 0.090 | 0.026 | 0.588 |
| 58 | 2.866 | 2.790 | 0.994 | 0.076 | 0.688 | 0.144 | 0.798 | 18.290 | 4.394 | 0.067 | 0.031 | 0.540 |
| 59 | 6.010 | 1.610 | 3.574 | 0.568 | 0.376 | 0.050 | 3.366 | 17.274 | 7.606 | 0.401 | 0.288 | 0.461 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|----------|---------|--------|--------|--------|
| 60 | 6.834 | 1.034 | 0.554 | 0.477 | 0.324 | 0.124 | 4.582 | 17.038 | 3.230 | 0.366 | 0.060 | 0.503 |
| 61 | 4.954 | 1.550 | 0.562 | 0.229 | 0.955 | 0.141 | 3.174 | 14.530 | 3.378 | 0.148 | 0.680 | 0.588 |
| 62 | 6.006 | 13.818 | 0.842 | 0.088 | 1.469 | 0.060 | 4.706 | 2.298 | 3.250 | 0.067 | 1.469 | 0.540 |
| 63 | 8.046 | 0.894 | 0.854 | 0.106 | 1.586 | 0.123 | 6.842 | 17.302 | 3.230 | 0.083 | 1.531 | 0.569 |
| 64 | 9.902 | 2.054 | 0.714 | 0.105 | 1.141 | 0.143 | 8.086 | 16.910 | 3.378 | 0.038 | 0.648 | 0.550 |
| 65 | 10.790 | 0.926 | 0.538 | 0.234 | 0.371 | 0.128 | 9.146 | 15.782 | 3.498 | 0.091 | 0.250 | 0.576 |
| 66 | 8.802 | 0.178 | 0.790 | 0.089 | 0.139 | 0.119 | 7.694 | 15.870 | 3.238 | 0.152 | 0.521 | 0.585 |
| 67 | 3.346 | 0.218 | 0.698 | 0.030 | 0.118 | 0.089 | 2.342 | 15.678 | 3.270 | 0.108 | 0.177 | 0.555 |
| 68 | 0.190 | 1.302 | 0.786 | 0.011 | 0.267 | 0.014 | 0.974 | 15.750 | 3.194 | 0.005 | 0.013 | 0.523 |
| 69 | 0.882 | 0.746 | 0.874 | 0.101 | 0.073 | 0.022 | 2.050 | 15.914 | 3.210 | 0.041 | 0.201 | 0.446 |
| 70 | 0.250 | 0.722 | 0.814 | 0.171 | 0.063 | 0.034 | 1.262 | 16.254 | 3.254 | 0.005 | 0.369 | 0.461 |
| 71 | 1.434 | 0.250 | 0.710 | 0.422 | 0.103 | 0.072 | 2.434 | 15.870 | 3.254 | 0.042 | 0.321 | 0.429 |
| 72 | 1.138 | 0.250 | 0.266 | 0.734 | 0.212 | 0.010 | 2.410 | 15.678 | 3.206 | 0.031 | 0.225 | 0.497 |
| 73 | 1.134 | 0.250 | 0.414 | 0.914 | 0.092 | 0.050 | 2.318 | 15.750 | 3.150 | 0.071 | 0.050 | 0.530 |
| 74 | 1.654 | 0.250 | 0.254 | 0.784 | 0.040 | 0.011 | 2.894 | 15.914 | 3.782 | 0.073 | 0.005 | 0.496 |
| 75 | 1.498 | 0.446 | 0.078 | 0.358 | 0.488 | 0.081 | 2.502 | 16.254 | 3.534 | 0.093 | 0.443 | 0.457 |
| 76 | 1.038 | 0.450 | 0.242 | 0.014 | 0.664 | 0.008 | 2.030 | 15.106 | 3.690 | 0.275 | 0.571 | 0.498 |
| 77 | 0.498 | 0.410 | 0.454 | 0.022 | 0.363 | 0.062 | 1.550 | 15.942 | 3.842 | 0.191 | 0.332 | 0.516 |
| 78 | 0.182 | 0.090 | 0.334 | 0.067 | 0.225 | 0.097 | 1.454 | 15.710 | 3.834 | 0.088 | 0.245 | 0.516 |
| 79 | 0.954 | 1.874 | 0.398 | 0.106 | 0.222 | 0.170 | 2.066 | 17.302 | 3.842 | 0.034 | 0.230 | 0.559 |
| 80 | 0.730 | 1.410 | 0.262 | 0.136 | 0.167 | 0.149 | 1.894 | 16.910 | 3.786 | 0.010 | 0.224 | 0.518 |
| 81 | 0.102 | 0.118 | 1.118 | 0.360 | 0.301 | 0.221 | 1.358 | 15.782 | 2.354 | 0.116 | 0.382 | 0.545 |
| 82 | 0.066 | 0.134 | 5.982 | 0.700 | 0.289 | 0.208 | 1.254 | 15.870 | 2.490 | 0.414 | 0.168 | 0.551 |
| 83 | 0.242 | 0.054 | 7.874 | 0.793 | 0.007 | 0.200 | 1.414 | 16.134 | 4.350 | 0.715 | 0.037 | 0.537 |
| 84 | 0.454 | 0.542 | 5.010 | 0.780 | 0.221 | 0.021 | 1.418 | 15.702 | 2.510 | 0.793 | 0.192 | 0.530 |
| 85 | 0.598 | 0.602 | 1.838 | 0.670 | 0.061 | 0.067 | 1.326 | 15.902 | 4.394 | 0.661 | 0.085 | 0.535 |
| 86 | 0.270 | 0.770 | 4.930 | 0.281 | 0.094 | 0.093 | 1.546 | 16.110 | 7.606 | 0.401 | 0.095 | 0.588 |
| 87 | 0.206 | 0.738 | 0.602 | 0.099 | 0.141 | 0.039 | 1.522 | 16.058 | 3.230 | 0.211 | 0.143 | 0.540 |
| 88 | 0.410 | 6.026 | 0.870 | 0.081 | 0.002 | 0.017 | 1.338 | 21.142 | 3.378 | 0.119 | 0.081 | 0.504 |
| 89 | 0.230 | 7.370 | 0.522 | 0.217 | 0.059 | 0.011 | 1.522 | 22.530 | 3.250 | 0.105 | 0.030 | 0.469 |
| 90 | 0.326 | 6.478 | 0.722 | 0.455 | 0.104 | 0.046 | 2.050 | 21.778 | 3.222 | 0.022 | 0.042 | 0.439 |
| 91 | 0.258 | 2.022 | 0.838 | 0.408 | 0.195 | 0.087 | 1.818 | 13.210 | 3.242 | 0.176 | 0.007 | 0.419 |
| 92 | 0.806 | 2.486 | 0.574 | 0.165 | 0.130 | 0.048 | 2.510 | 12.654 | 3.274 | 0.294 | 0.031 | 0.374 |
| 93 | 2.110 | 0.522 | 0.254 | 0.541 | 0.177 | 0.014 | 4.370 | 16.330 | 3.246 | 0.336 | 0.171 | 0.393 |
| 94 | 2.174 | 4.526 | 1.054 | 0.121 | 0.576 | 0.051 | 6.294 | 16.366 | 2.426 | 0.058 | 0.272 | 0.498 |
| 95 | 0.698 | 5.982 | 1.078 | 0.000 | 0.309 | 0.036 | 6.742 | 16.298 | 2.378 | 0.126 | 0.118 | 0.516 |
| 96 | 0.026 | 5.138 | 1.190 | 0.020 | 0.065 | 0.094 | 8.518 | 16.390 | 2.258 | 0.177 | 0.029 | 0.540 |
| 97 | 7.914 | 0.122 | 0.498 | 0.016 | 0.044 | 0.148 | 2.054 | 15.570 | 2.890 | 0.191 | 0.018 | 0.555 |
| 98 | 3.962 | 0.094 | 0.698 | 0.236 | 0.142 | 0.061 | 2.122 | 15.366 | 2.802 | 0.128 | 0.080 | 0.387 |
| 99 | 1.990 | 1.642 | 0.802 | 0.262 | 0.116 | 0.074 | 2.174 | 15.410 | 2.846 | 0.086 | 0.048 | 0.540 |
| 100 | 2.786 | 1.110 | 1.014 | 0.383 | 0.296 | 0.103 | 1.738 | 15.550 | 2.506 | 0.179 | 0.180 | 0.569 |
| 101 | 5.226 | 0.050 | 0.514 | 0.499 | 0.328 | 0.041 | 1.610 | 15.482 | 2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.550 |
| 102 | 6.510 | 0.230 | 0.534 | 0.295 | 0.410 | 0.108 | 1.678 | 15.390 | 2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 103 | 5.502 | 0.162 | 5.673 | 0.134 | 0.046 | 0.002 | 2.078 | 15.590 | 2.237 | 0.080 | 0.005 | 0.497 |
| 104 | 6.794 | 0.070 | 1.126 | 0.119 | 0.055 | 0.015 | 1.838 | 15.570 | 2.334 | 0.154 | 0.066 | 0.516 |
| 105 | 8.978 | 0.298 | 1.178 | 0.014 | 0.037 | 0.072 | 1.886 | 15.366 | 2.338 | 0.115 | 0.039 | 0.559 |
| 106 | 10.098 | 0.594 | 0.266 | 0.269 | 0.069 | 0.038 | 1.762 | 15.410 | 2.410 | 0.174 | 0.026 | 0.518 |
| 107 | 11.362 | 0.530 | 0.378 | 0.204 | 0.027 | 0.060 | 1.966 | 15.550 | 2.250 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 108 | 9.838 | 0.526 | 0.202 | 0.191 | 0.087 | 0.013 | 1.894 | 15.590 | 2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 109 | 4.486 | 0.330 | 0.302 | 0.176 | 0.005 | 0.047 | 1.894 | 16.078 | 2.426 | 0.051 | 0.026 | 0.537 |
| 110 | 1.074 | 1.214 | 0.122 | 0.270 | 0.036 | 0.076 | 1.798 | 16.070 | 2.378 | 0.045 | 0.093 | 0.530 |
| 111 | 0.022 | 1.278 | 0.146 | 0.275 | 0.019 | 0.116 | 1.822 | 16.134 | 2.258 | 0.050 | 0.086 | 0.535 |
| 112 | 0.966 | 0.894 | 0.550 | 0.173 | 0.008 | 0.199 | 1.518 | 16.586 | 2.838 | 0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 113 | 1.122 | 0.790 | 0.722 | 0.413 | 0.261 | 0.129 | 1.630 | 16.250 | 2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 114 | 0.546 | 0.858 | 0.718 | 0.104 | 0.283 | 0.192 | 1.638 | 16.130 | 2.930 | 0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 115 | 0.702 | 0.274 | 0.630 | 0.189 | 0.073 | 0.173 | 1.782 | 15.470 | 2.890 | 0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 116 | 0.934 | 0.934 | 0.566 | 0.442 | 0.057 | 0.222 | 1.818 | 16.054 | 2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 117 | 0.226 | 0.794 | 0.922 | 0.415 | 0.038 | 0.233 | 2.410 | 15.938 | 2.538 | 0.162 | 0.021 | 0.530 |
| 118 | 0.110 | 0.402 | 0.958 | 0.823 | 0.189 | 0.225 | 2.050 | 16.090 | 2.478 | 0.483 | 0.196 | 0.535 |
| 119 | 0.666 | 0.354 | 0.622 | 0.734 | 0.298 | 0.119 | 2.734 | 15.486 | 2.838 | 0.634 | 0.238 | 0.382 |
| 120 | 0.358 | 0.426 | 0.250 | 0.622 | 0.026 | 0.111 | 3.002 | 15.522 | 2.778 | 0.509 | 0.111 | 0.376 |
| jmlh | 318.488 | 161.764 | 143.185 | 28.183 | 40.276 | 10.886 | 297.408 | 1918.012 | 361.914 | 18.483 | 24.408 | 60.398 |

PERHITUNGAN MSE (MEAN SQUARED ERROR)

| Modul Sensor | | | | | | |
|--------------|---------------|--------|--------|-----------|--------|-------|
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 1.85 | 2.85 | 1.77 | 0.10 | 0.23 | 0.01 |
| RSME | 1.36 | 1.69 | 1.33 | 0.32 | 0.48 | 0.11 |
| MAD | 0.21 | 0.23 | 0.106 | 0.15 | 0.434 | 0.084 |
| MAPE | 24.784 | 35.983 | 22.160 | 10.403 | 15.340 | 5.033 |

PERBANDINGAN NILAI MSE

Perbandingan Nilai MSE antara simulasi benar dengan simulasi salah

| | Accelerometer | | | Accelerometer | | |
|------|---------------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 1.847 | 2.846 | 1.766 | 12.426 | 13.858 | 12.881 |
| RSME | 1.359 | 1.687 | 1.329 | 3.525 | 3.723 | 3.589 |
| MAD | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 0.036 | 1.064 | 5.442 |
| MAPE | 24.784 | 35.983 | 22.160 | 51.057 | 64.956 | 55.368 |

| | Gyroscope | | | Gyroscope | | |
|------|-----------|--------|-------|-----------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 0.100 | 0.228 | 0.013 | 1.300 | 1.528 | 1.013 |
| RSME | 0.316 | 0.477 | 0.115 | 1.140 | 1.236 | 1.007 |
| MAD | 0.150 | 0.434 | 0.084 | 0.150 | 0.434 | 0.084 |
| MAPE | 10.403 | 15.340 | 5.033 | 20.723 | 25.580 | 18.332 |

*MEAN SQUARED ERROR (MSE) BERPURA-PURA
MELAKUKAN KEGIATAN CUTTING
(PEMOTONGAN)*

DATA

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|-------|-------|-----------|-------|-----|---------------|-------|------|-----------|-------|-----|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1856 | 15340 | -2584 | 12 | 189 | 448 | 1892 | 16404 | 2858 | 162 | -245 | 364 |
| 2 | 1844 | 15320 | -2588 | -53 | 284 | 466 | 1748 | 16508 | 2868 | -149 | -207 | 373 |
| 3 | 1804 | 15116 | -2660 | -62 | 79 | 466 | 1804 | 16468 | 2740 | -196 | 808 | 390 |
| 4 | 1872 | 15160 | -2500 | -13 | -29 | 509 | 1764 | 16324 | 2780 | -76 | 160 | 403 |
| 5 | 1924 | 15300 | -2556 | 9 | 146 | 468 | 1776 | 16496 | 2764 | 98 | -68 | 395 |
| 6 | 1816 | 15340 | -2676 | -120 | 189 | 495 | 1792 | 16564 | 2852 | 22 | 240 | 365 |
| 7 | 1728 | 15320 | -2628 | -112 | 284 | 501 | 1804 | 16440 | 2768 | 8 | 193 | 371 |
| 8 | 1748 | 15116 | -2508 | -38 | 79 | 487 | 1884 | 16508 | 2768 | 201 | 96 | 339 |
| 9 | 1752 | 15160 | -2728 | 112 | -29 | 480 | 1940 | 16628 | 2744 | 342 | -30 | 433 |
| 10 | 1724 | 15300 | -2500 | 433 | 146 | 485 | 1836 | 16624 | 2748 | -90 | -307 | 504 |
| 11 | 1560 | 15232 | -2404 | 584 | 188 | 332 | 1688 | 16478 | 2920 | -17 | -540 | 569 |
| 12 | 1704 | 15140 | -2700 | 459 | -161 | 326 | 1680 | 16488 | 2824 | 73 | -626 | 550 |
| 13 | 1924 | 15220 | -2768 | 112 | -295 | 314 | 1980 | 16608 | 2756 | -93 | -1033 | 576 |
| 14 | 1816 | 15308 | -2784 | -199 | -257 | 323 | 1832 | 16404 | 2884 | -275 | -807 | 585 |
| 15 | 1728 | 15292 | -2580 | -246 | 758 | 340 | 1872 | 16492 | 2780 | -191 | -18 | 555 |
| 16 | 1660 | 15236 | -2708 | -126 | 110 | 353 | 1740 | 16416 | 2780 | 128 | 80 | 387 |
| 17 | 1608 | 15272 | -2788 | 48 | -118 | 345 | 1868 | 16440 | 2764 | 86 | -48 | 540 |
| 18 | 1572 | 15196 | -2728 | -28 | 190 | 315 | 1856 | 16358 | 2728 | 179 | 180 | 569 |
| 19 | 1268 | 15120 | -3088 | -42 | 143 | 321 | 1784 | 16396 | 2684 | 334 | 239 | 550 |
| 20 | 1380 | 15340 | -3028 | 151 | 46 | 289 | 1860 | 16488 | 3020 | 419 | 334 | 576 |
| 21 | 1388 | 15320 | -3180 | 292 | -80 | 383 | 1812 | 16456 | 2784 | -80 | 5 | 497 |
| 22 | 1532 | 15116 | -3140 | 351 | -338 | 411 | 1828 | 16504 | 2724 | -154 | -66 | 516 |
| 23 | 1488 | 15160 | -3052 | 316 | -110 | 453 | 1852 | 16524 | 2879 | -115 | -39 | 559 |
| 24 | 1360 | 15300 | -3096 | 98 | 630 | 538 | 1828 | 16392 | 2748 | 174 | -26 | 518 |
| 25 | 1428 | 15232 | -3252 | -117 | 1419 | 490 | 1760 | 16572 | 2876 | 104 | 9 | 545 |
| 26 | 1828 | 15140 | -2908 | -133 | 1481 | 519 | 1844 | 16548 | 2840 | 15 | 39 | 551 |
| 27 | 1588 | 15220 | -2756 | -88 | 598 | 500 | 1600 | 16472 | 2452 | -51 | -26 | 537 |
| 28 | 1636 | 15804 | -3104 | -141 | -300 | 526 | 1720 | 16484 | 2492 | -45 | 93 | 530 |
| 29 | 1512 | 15720 | -3176 | -202 | -571 | 535 | 1980 | 16440 | 2304 | -50 | 86 | 535 |
| 30 | 1716 | 15828 | -3008 | -158 | -227 | 505 | 1900 | 16608 | 2304 | -126 | 2 | 588 |
| 31 | 1644 | 15820 | -3180 | -55 | -63 | 473 | 2056 | 16458 | 2244 | 62 | 239 | 498 |
| 32 | 1644 | 15884 | -3140 | -9 | -251 | 396 | 1784 | 16648 | 2424 | -3 | 334 | 516 |
| 33 | 1548 | 16336 | -3052 | -45 | -419 | 411 | 1740 | 16472 | 2540 | -12 | 129 | 516 |
| 34 | 1568 | 16000 | -3096 | -92 | -371 | 379 | 1920 | 16540 | 2746 | 37 | 21 | 559 |
| 35 | 2260 | 15880 | -2756 | -130 | -45 | 447 | 1716 | 16448 | 2400 | -249 | 44 | 439 |
| 36 | 4120 | 15816 | -3104 | -140 | -109 | 480 | 1820 | 16424 | 2464 | -301 | 28 | 419 |
| 37 | 6044 | 15144 | -3176 | -117 | -256 | 446 | 1744 | 16512 | 2456 | -57 | 101 | 374 |
| 38 | 8492 | 17892 | 1987 | -140 | -337 | 407 | 1848 | 16452 | 2464 | -151 | 106 | 393 |
| 39 | 9968 | 20280 | 2240 | -67 | 120 | 448 | 1840 | 16568 | 2652 | -355 | 14 | 387 |
| 40 | 6084 | 21528 | 4100 | 23 | 309 | 466 | 1976 | 16552 | 2544 | -203 | 33 | 347 |
| 41 | 184 | 19264 | 2260 | -143 | 393 | 466 | 1800 | 16504 | 2576 | -290 | 57 | 360 |
| 42 | -1048 | 18040 | -4644 | -325 | 27 | 509 | 1800 | 16468 | 2516 | -50 | -10 | 551 |
| 43 | -3616 | 17024 | -7856 | -241 | 105 | 468 | 1824 | 16524 | 2500 | -63 | -87 | 537 |
| 44 | -4832 | 16788 | -3480 | -138 | 213 | 495 | 1772 | 16588 | 2568 | -90 | -59 | 530 |
| 45 | -3424 | 14280 | -3628 | -16 | 278 | 501 | 1900 | 16540 | 2652 | -67 | -206 | 496 |
| 46 | -4956 | 2048 | -3500 | -60 | 152 | 487 | 1844 | 16540 | 2552 | -90 | -287 | 457 |
| 47 | -7092 | 15796 | -3480 | -92 | -325 | 480 | 1804 | 16428 | 2428 | -17 | 170 | 498 |
| 48 | -8336 | 16408 | -3628 | -130 | -409 | 485 | 1904 | 16488 | 2492 | 73 | 359 | 516 |
| 49 | -9396 | 14856 | -3748 | -140 | -76 | 538 | 1804 | 16476 | 2320 | -93 | 443 | 516 |
| 50 | -7944 | 14856 | -3488 | -117 | -19 | 490 | 1772 | 16532 | 2408 | -275 | 77 | 559 |
| 51 | -2592 | 15692 | -3520 | -140 | -357 | 454 | 1804 | 16428 | 2412 | -191 | 155 | 518 |
| 52 | 724 | 15460 | -3444 | -67 | -590 | 519 | 1748 | 16456 | 2432 | -88 | 263 | 545 |
| 53 | 1800 | 17052 | -3460 | 23 | -676 | 500 | 1772 | 16448 | 2600 | 34 | 328 | 551 |
| 54 | 2484 | 16660 | -3504 | -143 | -1083 | 526 | 1860 | 16488 | 2500 | -10 | 202 | 537 |
| 55 | 2752 | 15532 | -3612 | -325 | -857 | 535 | 1824 | 16496 | 2484 | -42 | -275 | 530 |
| 56 | 2184 | 15620 | -3504 | -241 | -68 | 505 | 1840 | 16472 | 2440 | -80 | -359 | 535 |
| 57 | 2160 | 15428 | -3456 | -138 | 763 | 473 | 1736 | 16592 | 2728 | -90 | -26 | 588 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|------|------|------|-----|
| 58 | 2068 | 15500 | -3400 | 9 | 719 | 396 | 1728 | 16456 | 2396 | -67 | 31 | 540 |
| 59 | 2644 | 15664 | -4032 | -167 | 88 | 411 | 1716 | 16372 | 2516 | 401 | -288 | 461 |
| 60 | 2252 | 16004 | -3784 | -111 | -384 | 379 | 1760 | 16540 | 2476 | 366 | -60 | 503 |
| 61 | 1780 | 16080 | -3940 | -81 | -275 | 447 | 1800 | 16548 | 2372 | 148 | 680 | 588 |
| 62 | 1300 | 16116 | -4092 | 21 | 0 | 480 | 1904 | 16452 | 2448 | -67 | 1469 | 540 |
| 63 | 1204 | 16408 | -4084 | 23 | -55 | 446 | 1768 | 16560 | 2388 | -83 | 1531 | 569 |
| 64 | 1816 | 14856 | -4092 | -143 | -493 | 407 | 1776 | 16484 | 2564 | -38 | 648 | 550 |
| 65 | 1644 | 14856 | -4036 | -325 | -621 | 448 | 1928 | 16524 | 2452 | -91 | -250 | 576 |
| 66 | 1108 | 15692 | -4028 | -241 | -382 | 466 | 1904 | 16448 | 2750 | -152 | -521 | 585 |
| 67 | 1004 | 15460 | -3968 | -138 | -295 | 466 | 1812 | 16452 | 2416 | -108 | -177 | 555 |
| 68 | 1164 | 17052 | -3980 | -16 | -280 | 509 | 1708 | 16608 | 2632 | -5 | -13 | 523 |
| 69 | 1168 | 16660 | -4084 | -60 | -274 | 468 | 1868 | 16568 | 2312 | 41 | -201 | 446 |
| 70 | 1012 | 15532 | -4068 | -166 | -432 | 495 | 1816 | 16416 | 2508 | 5 | -369 | 461 |
| 71 | 1000 | 15620 | -2544 | -464 | -218 | 501 | 1724 | 16400 | 2432 | -42 | -321 | 429 |
| 72 | 1272 | 15428 | -3472 | -765 | -13 | 487 | 1844 | 16484 | 2604 | -31 | -225 | 497 |
| 73 | 1184 | 15500 | -3564 | -843 | 142 | 480 | 1736 | 16604 | 2528 | 71 | 50 | 530 |
| 74 | 1240 | 15664 | -3528 | -711 | 35 | 485 | 1788 | 16576 | 2504 | 73 | -5 | 496 |
| 75 | 1004 | 15808 | -3456 | -451 | 45 | 538 | 1816 | 16564 | 2412 | -93 | -443 | 457 |
| 76 | 992 | 15556 | -3448 | -261 | 93 | 490 | 1776 | 16468 | 2452 | -275 | -571 | 498 |
| 77 | 1052 | 15532 | -3388 | -169 | 31 | 454 | 1792 | 16456 | 2752 | -191 | -332 | 516 |
| 78 | 1272 | 15620 | -3500 | -155 | -20 | 419 | 1936 | 16436 | 2360 | -88 | -245 | 516 |
| 79 | 1112 | 15428 | -3444 | -72 | -8 | 389 | 1736 | 16464 | 2376 | 34 | -230 | 559 |
| 80 | 1164 | 15500 | -3524 | 126 | -57 | 369 | 1912 | 16488 | 2540 | -10 | -224 | 518 |
| 81 | 1256 | 15664 | -3472 | 244 | -81 | 324 | 1720 | 16496 | 2420 | -116 | -382 | 545 |
| 82 | 1320 | 16004 | -3492 | 286 | 121 | 343 | 1824 | 16388 | 2428 | -414 | -168 | 551 |
| 83 | 1172 | 16080 | -3524 | 78 | 30 | 337 | 1652 | 16600 | 2488 | -715 | 37 | 537 |
| 84 | 1872 | 15160 | -2500 | -13 | -29 | 509 | 1784 | 16500 | 2468 | -793 | 192 | 530 |
| 85 | 1924 | 15300 | -2556 | 9 | 146 | 468 | 1792 | 16536 | 2400 | -661 | 85 | 535 |
| 86 | 1816 | 15340 | -2676 | -120 | 189 | 495 | 1848 | 16476 | 2532 | -401 | 95 | 588 |
| 87 | 1728 | 15320 | -2628 | -112 | 284 | 501 | 1836 | 16520 | 2452 | -211 | 143 | 540 |
| 88 | 1748 | 15116 | -2508 | -38 | 79 | 487 | 1756 | 16544 | 2516 | -119 | 81 | 504 |
| 89 | 1752 | 15160 | -2728 | 112 | -29 | 480 | 1660 | 16544 | 2388 | -105 | 30 | 469 |
| 90 | 1724 | 15300 | -2500 | 433 | 146 | 485 | 1728 | 16544 | 2494 | -22 | 42 | 439 |
| 91 | 1560 | 15232 | -2404 | 584 | 188 | 332 | 1880 | 16584 | 2364 | 176 | -7 | 419 |
| 92 | 1704 | 15140 | -2700 | 459 | -161 | 326 | 1748 | 16518 | 2428 | 294 | -31 | 374 |
| 93 | 2260 | 15808 | -3500 | -205 | -6 | 379 | 1864 | 16444 | 2440 | 336 | 171 | 393 |
| 94 | 4120 | 20892 | -3480 | -179 | -304 | 447 | 1908 | 16540 | 2560 | -58 | 272 | 498 |
| 95 | 6044 | 22280 | -3456 | -126 | -191 | 480 | 1816 | 16384 | 2512 | -126 | 118 | 516 |
| 96 | 8492 | 21528 | -3448 | -157 | -36 | 446 | 1804 | 16448 | 2516 | -177 | 29 | 540 |
| 97 | 9968 | 15692 | -3388 | -207 | -62 | 407 | 1840 | 16412 | 2444 | -191 | -18 | 555 |
| 98 | 6084 | 15460 | -3500 | -108 | 222 | 448 | 1704 | 16628 | 2540 | 128 | 80 | 387 |
| 99 | 184 | 17052 | -3648 | -176 | 68 | 466 | 1804 | 16420 | 2376 | 86 | -48 | 540 |
| 100 | -1048 | 16660 | -3520 | -204 | -116 | 466 | 1856 | 16432 | 2492 | 179 | 180 | 569 |
| 101 | -3616 | 15532 | -3368 | -165 | -89 | 509 | 1724 | 16532 | 2416 | 334 | 239 | 550 |
| 102 | -4832 | 15620 | -3460 | 124 | -76 | 468 | 1928 | 16476 | 2350 | 419 | 334 | 576 |
| 103 | -3424 | 15428 | -3436 | 54 | -41 | 495 | 1900 | 16540 | 2532 | -80 | 5 | 497 |
| 104 | -4956 | 15500 | -3460 | -35 | -11 | 501 | 1764 | 16520 | 2384 | -154 | -66 | 516 |
| 105 | -7092 | 15664 | -3516 | -101 | -76 | 487 | 1764 | 16428 | 2396 | -115 | -39 | 559 |
| 106 | -8336 | 16004 | -2676 | -95 | 43 | 480 | 1900 | 16508 | 2544 | 174 | -26 | 518 |
| 107 | -9396 | 16080 | -2628 | -100 | 36 | 485 | 1940 | 16412 | 2332 | 104 | 9 | 545 |
| 108 | -7944 | 16116 | -2508 | -176 | -48 | 538 | 1796 | 16472 | 2420 | 15 | 39 | 551 |
| 109 | -2592 | 16408 | -2728 | -227 | -21 | 490 | 1832 | 16468 | 2388 | -51 | -26 | 537 |
| 110 | 724 | 14856 | -2500 | -315 | 57 | 454 | 1748 | 16452 | 2456 | -45 | 93 | 530 |
| 111 | 1800 | 14856 | -2404 | -325 | 67 | 419 | 1828 | 16458 | 2364 | -50 | 86 | 535 |
| 112 | 2484 | 15692 | -3388 | -299 | -6 | 389 | 1808 | 16588 | 2364 | -126 | 2 | 588 |
| 113 | 2752 | 15460 | -3500 | -351 | -22 | 369 | 1604 | 16500 | 2341 | 62 | 239 | 498 |
| 114 | 2184 | 15272 | -3648 | -107 | 51 | 324 | 1788 | 16488 | 2216 | -3 | 334 | 516 |
| 115 | 2484 | 15196 | -3520 | -201 | 56 | 343 | 1764 | 16580 | 2328 | -12 | 129 | 516 |
| 116 | 2752 | 15120 | -3368 | -405 | -36 | 337 | 1724 | 16520 | 2540 | 37 | 21 | 559 |
| 117 | 2184 | 15144 | -3460 | -253 | -17 | 297 | 1868 | 16520 | 2376 | 162 | 21 | 530 |
| 118 | 2160 | 15688 | -3436 | -340 | 7 | 310 | 1820 | 16468 | 2492 | 483 | 196 | 535 |
| 119 | 2068 | 15840 | -3460 | -100 | -60 | 501 | 1824 | 16528 | 2416 | 634 | 238 | 382 |
| 120 | 2644 | 15948 | -3028 | -113 | -137 | 487 | 1796 | 16608 | 2332 | 509 | -111 | 376 |

PERBANDINGAN DATA

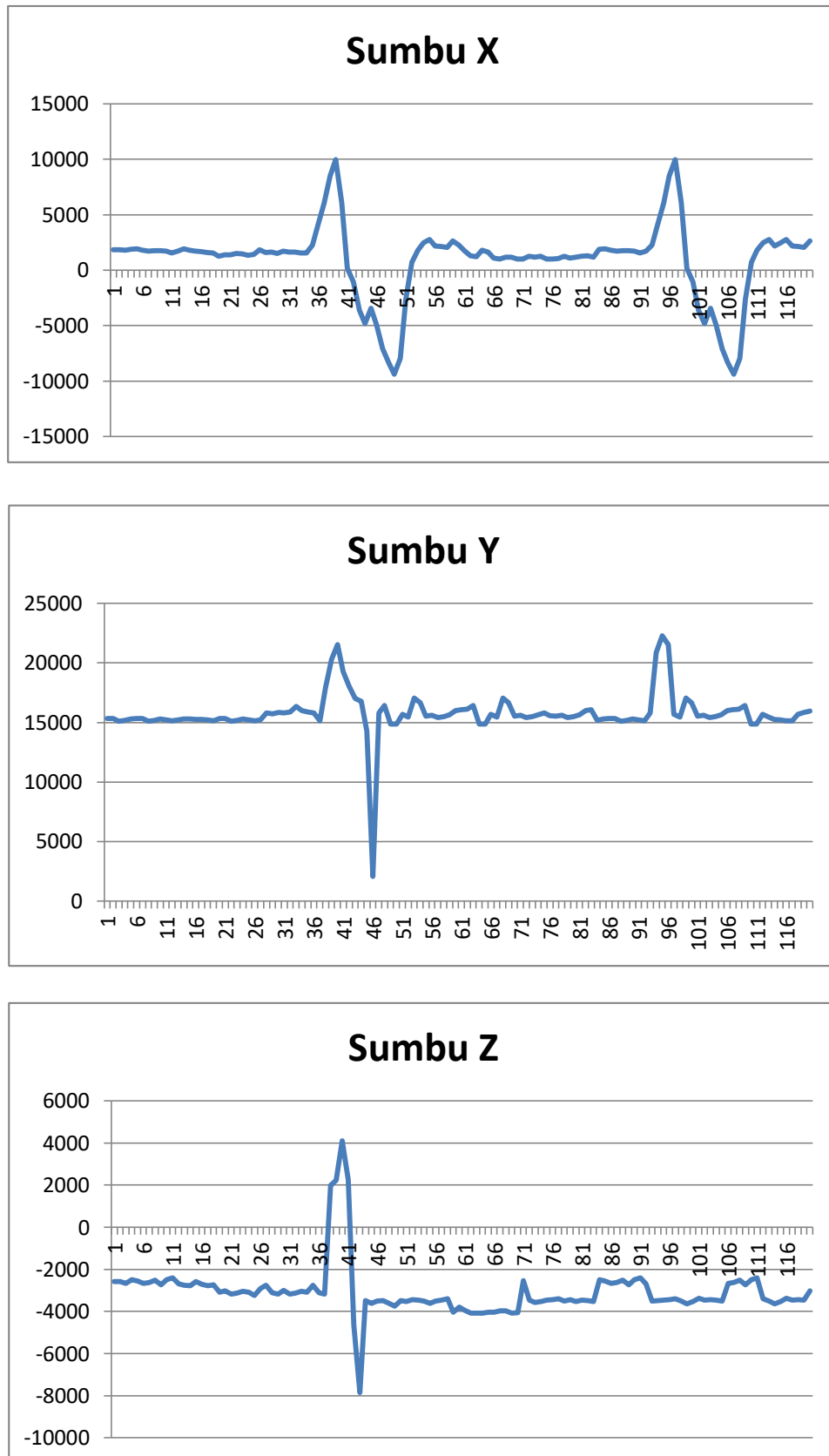
Data /1000

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|--------|--------|-----------|--------|-------|---------------|--------|-------|-----------|--------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1.856 | 15.34 | -2.584 | 0.012 | 0.189 | 0.448 | 1.892 | 16.404 | 2.858 | 0.162 | -0.245 | 0.364 |
| 2 | 1.844 | 15.32 | -2.588 | -0.053 | 0.284 | 0.466 | 1.748 | 16.508 | 2.868 | -0.149 | -0.207 | 0.373 |
| 3 | 1.804 | 15.116 | -2.66 | -0.062 | 0.079 | 0.466 | 1.804 | 16.468 | 2.74 | -0.196 | 0.808 | 0.39 |
| 4 | 1.872 | 15.16 | -2.5 | -0.013 | -0.029 | 0.509 | 1.764 | 16.324 | 2.78 | -0.076 | 0.16 | 0.403 |
| 5 | 1.924 | 15.3 | -2.556 | 0.009 | 0.146 | 0.468 | 1.776 | 16.496 | 2.764 | 0.098 | -0.068 | 0.395 |
| 6 | 1.816 | 15.34 | -2.676 | -0.12 | 0.189 | 0.495 | 1.792 | 16.564 | 2.852 | 0.022 | 0.24 | 0.365 |
| 7 | 1.728 | 15.32 | -2.628 | -0.112 | 0.284 | 0.501 | 1.804 | 16.44 | 2.768 | 0.008 | 0.193 | 0.371 |
| 8 | 1.748 | 15.116 | -2.508 | -0.038 | 0.079 | 0.487 | 1.884 | 16.508 | 2.768 | 0.201 | 0.096 | 0.339 |
| 9 | 1.752 | 15.16 | -2.728 | 0.112 | -0.029 | 0.48 | 1.94 | 16.628 | 2.744 | 0.342 | -0.03 | 0.433 |
| 10 | 1.724 | 15.3 | -2.5 | 0.433 | 0.146 | 0.485 | 1.836 | 16.624 | 2.748 | -0.09 | -0.307 | 0.504 |
| 11 | 1.56 | 15.232 | -2.404 | 0.584 | 0.188 | 0.332 | 1.688 | 16.478 | 2.92 | -0.017 | -0.54 | 0.569 |
| 12 | 1.704 | 15.14 | -2.7 | 0.459 | -0.161 | 0.326 | 1.68 | 16.488 | 2.824 | 0.073 | -0.626 | 0.55 |
| 13 | 1.924 | 15.22 | -2.768 | 0.112 | -0.295 | 0.314 | 1.98 | 16.608 | 2.756 | -0.093 | -1.033 | 0.576 |
| 14 | 1.816 | 15.308 | -2.784 | -0.199 | -0.257 | 0.323 | 1.832 | 16.404 | 2.884 | -0.275 | -0.807 | 0.585 |
| 15 | 1.728 | 15.292 | -2.58 | -0.246 | 0.758 | 0.34 | 1.872 | 16.492 | 2.78 | -0.191 | -0.018 | 0.555 |
| 16 | 1.66 | 15.236 | -2.708 | -0.126 | 0.11 | 0.353 | 1.74 | 16.416 | 2.78 | 0.128 | 0.08 | 0.387 |
| 17 | 1.608 | 15.272 | -2.788 | 0.048 | -0.118 | 0.345 | 1.868 | 16.44 | 2.764 | 0.086 | -0.048 | 0.54 |
| 18 | 1.572 | 15.196 | -2.728 | -0.028 | 0.19 | 0.315 | 1.856 | 16.358 | 2.728 | 0.179 | 0.18 | 0.569 |
| 19 | 1.268 | 15.12 | -3.088 | -0.042 | 0.143 | 0.321 | 1.784 | 16.396 | 2.684 | 0.334 | 0.239 | 0.55 |
| 20 | 1.38 | 15.34 | -3.028 | 0.151 | 0.046 | 0.289 | 1.86 | 16.488 | 3.02 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 21 | 1.388 | 15.32 | -3.18 | 0.292 | -0.08 | 0.383 | 1.812 | 16.456 | 2.784 | -0.08 | 0.005 | 0.497 |
| 22 | 1.532 | 15.116 | -3.14 | 0.351 | -0.338 | 0.411 | 1.828 | 16.504 | 2.724 | -0.154 | -0.066 | 0.516 |
| 23 | 1.488 | 15.16 | -3.052 | 0.316 | -0.11 | 0.453 | 1.852 | 16.524 | 2.879 | -0.115 | -0.039 | 0.559 |
| 24 | 1.36 | 15.3 | -3.096 | 0.098 | 0.63 | 0.538 | 1.828 | 16.392 | 2.748 | 0.174 | -0.026 | 0.518 |
| 25 | 1.428 | 15.232 | -3.252 | -0.117 | 1.419 | 0.49 | 1.76 | 16.572 | 2.876 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 26 | 1.828 | 15.14 | -2.908 | -0.133 | 1.481 | 0.519 | 1.844 | 16.548 | 2.84 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 27 | 1.588 | 15.22 | -2.756 | -0.088 | 0.598 | 0.5 | 1.6 | 16.472 | 2.452 | -0.051 | -0.026 | 0.537 |
| 28 | 1.636 | 15.804 | -3.104 | -0.141 | -0.3 | 0.526 | 1.72 | 16.484 | 2.492 | -0.045 | 0.093 | 0.53 |
| 29 | 1.512 | 15.72 | -3.176 | -0.202 | -0.571 | 0.535 | 1.98 | 16.44 | 2.304 | -0.05 | 0.086 | 0.535 |
| 30 | 1.716 | 15.828 | -3.008 | -0.158 | -0.227 | 0.505 | 1.9 | 16.608 | 2.304 | -0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 31 | 1.644 | 15.82 | -3.18 | -0.055 | -0.063 | 0.473 | 2.056 | 16.458 | 2.244 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 32 | 1.644 | 15.884 | -3.14 | -0.009 | -0.251 | 0.396 | 1.784 | 16.648 | 2.424 | -0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 33 | 1.548 | 16.336 | -3.052 | -0.045 | -0.419 | 0.411 | 1.74 | 16.472 | 2.54 | -0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 34 | 1.568 | 16 | -3.096 | -0.092 | -0.371 | 0.379 | 1.92 | 16.54 | 2.746 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 35 | 2.26 | 15.88 | -2.756 | -0.13 | -0.045 | 0.447 | 1.716 | 16.448 | 2.4 | -0.249 | 0.044 | 0.439 |
| 36 | 4.12 | 15.816 | -3.104 | -0.14 | -0.109 | 0.48 | 1.82 | 16.424 | 2.464 | -0.301 | 0.028 | 0.419 |
| 37 | 6.044 | 15.144 | -3.176 | -0.117 | -0.256 | 0.446 | 1.744 | 16.512 | 2.456 | -0.057 | 0.101 | 0.374 |
| 38 | 8.492 | 17.892 | 1.987 | -0.14 | -0.337 | 0.407 | 1.848 | 16.452 | 2.464 | -0.151 | 0.106 | 0.393 |
| 39 | 9.968 | 20.28 | 2.24 | -0.067 | 0.12 | 0.448 | 1.84 | 16.568 | 2.652 | -0.355 | 0.014 | 0.387 |
| 40 | 6.084 | 21.528 | 4.1 | 0.023 | 0.309 | 0.466 | 1.976 | 16.552 | 2.544 | -0.203 | 0.033 | 0.347 |
| 41 | 0.184 | 19.264 | 2.26 | -0.143 | 0.393 | 0.466 | 1.8 | 16.504 | 2.576 | -0.29 | 0.057 | 0.36 |
| 42 | -1.048 | 18.04 | -4.644 | -0.325 | 0.027 | 0.509 | 1.8 | 16.468 | 2.516 | -0.05 | -0.01 | 0.551 |
| 43 | -3.616 | 17.024 | -7.856 | -0.241 | 0.105 | 0.468 | 1.824 | 16.524 | 2.5 | -0.063 | -0.087 | 0.537 |
| 44 | -4.832 | 16.788 | -3.48 | -0.138 | 0.213 | 0.495 | 1.772 | 16.588 | 2.568 | -0.09 | -0.059 | 0.53 |
| 45 | -3.424 | 14.28 | -3.628 | -0.016 | 0.278 | 0.501 | 1.9 | 16.54 | 2.652 | -0.067 | -0.206 | 0.496 |
| 46 | -4.956 | 2.048 | -3.5 | -0.06 | 0.152 | 0.487 | 1.844 | 16.54 | 2.552 | -0.09 | -0.287 | 0.457 |
| 47 | -7.092 | 15.796 | -3.48 | -0.092 | -0.325 | 0.48 | 1.804 | 16.428 | 2.428 | -0.017 | 0.17 | 0.498 |
| 48 | -8.336 | 16.408 | -3.628 | -0.13 | -0.409 | 0.485 | 1.904 | 16.488 | 2.492 | 0.073 | 0.359 | 0.516 |
| 49 | -9.396 | 14.856 | -3.748 | -0.14 | -0.076 | 0.538 | 1.804 | 16.476 | 2.32 | -0.093 | 0.443 | 0.516 |
| 50 | -7.944 | 14.856 | -3.488 | -0.117 | -0.019 | 0.49 | 1.772 | 16.532 | 2.408 | -0.275 | 0.077 | 0.559 |
| 51 | -2.592 | 15.692 | -3.52 | -0.14 | -0.357 | 0.454 | 1.804 | 16.428 | 2.412 | -0.191 | 0.155 | 0.518 |
| 52 | 0.724 | 15.46 | -3.444 | -0.067 | -0.59 | 0.519 | 1.748 | 16.456 | 2.432 | -0.088 | 0.263 | 0.545 |
| 53 | 1.8 | 17.052 | -3.46 | 0.023 | -0.676 | 0.5 | 1.772 | 16.448 | 2.6 | 0.034 | 0.328 | 0.551 |
| 54 | 2.484 | 16.66 | -3.504 | -0.143 | -1.083 | 0.526 | 1.86 | 16.488 | 2.5 | -0.01 | 0.202 | 0.537 |
| 55 | 2.752 | 15.532 | -3.612 | -0.325 | -0.857 | 0.535 | 1.824 | 16.496 | 2.484 | -0.042 | -0.275 | 0.53 |
| 56 | 2.184 | 15.62 | -3.504 | -0.241 | -0.068 | 0.505 | 1.84 | 16.472 | 2.44 | -0.08 | -0.359 | 0.535 |
| 57 | 2.16 | 15.428 | -3.456 | -0.138 | 0.763 | 0.473 | 1.736 | 16.592 | 2.728 | -0.09 | -0.026 | 0.588 |
| 58 | 2.068 | 15.5 | -3.4 | 0.009 | 0.719 | 0.396 | 1.728 | 16.456 | 2.396 | -0.067 | 0.031 | 0.54 |
| 59 | 2.644 | 15.664 | -4.032 | -0.167 | 0.088 | 0.411 | 1.716 | 16.372 | 2.516 | 0.401 | -0.288 | 0.461 |
| 60 | 2.252 | 16.004 | -3.784 | -0.111 | -0.384 | 0.379 | 1.76 | 16.54 | 2.476 | 0.366 | -0.06 | 0.503 |
| 61 | 1.78 | 16.08 | -3.94 | -0.081 | -0.275 | 0.447 | 1.8 | 16.548 | 2.372 | 0.148 | 0.68 | 0.588 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|
| 62 | 1.3 | 16.116 | -4.092 | 0.021 | 0 | 0.48 | 1.904 | 16.452 | 2.448 | -0.067 | 1.469 | 0.54 |
| 63 | 1.204 | 16.408 | -4.084 | 0.023 | -0.055 | 0.446 | 1.768 | 16.56 | 2.388 | -0.083 | 1.531 | 0.569 |
| 64 | 1.816 | 14.856 | -4.092 | -0.143 | -0.493 | 0.407 | 1.776 | 16.484 | 2.564 | -0.038 | 0.648 | 0.55 |
| 65 | 1.644 | 14.856 | -4.036 | -0.325 | -0.621 | 0.448 | 1.928 | 16.524 | 2.452 | -0.091 | -0.25 | 0.576 |
| 66 | 1.108 | 15.692 | -4.028 | -0.241 | -0.382 | 0.466 | 1.904 | 16.448 | 2.75 | -0.152 | -0.521 | 0.585 |
| 67 | 1.004 | 15.46 | -3.968 | -0.138 | -0.295 | 0.466 | 1.812 | 16.452 | 2.416 | -0.108 | -0.177 | 0.555 |
| 68 | 1.164 | 17.052 | -3.98 | -0.016 | -0.28 | 0.509 | 1.708 | 16.608 | 2.632 | -0.005 | -0.013 | 0.523 |
| 69 | 1.168 | 16.66 | -4.084 | -0.06 | -0.274 | 0.468 | 1.868 | 16.568 | 2.312 | 0.041 | -0.201 | 0.446 |
| 70 | 1.012 | 15.532 | -4.068 | -0.166 | -0.432 | 0.495 | 1.816 | 16.416 | 2.508 | 0.005 | -0.369 | 0.461 |
| 71 | 1 | 15.62 | -2.544 | -0.464 | -0.218 | 0.501 | 1.724 | 16.4 | 2.432 | -0.042 | -0.321 | 0.429 |
| 72 | 1.272 | 15.428 | -3.472 | -0.765 | -0.013 | 0.487 | 1.844 | 16.484 | 2.604 | -0.031 | -0.225 | 0.497 |
| 73 | 1.184 | 15.5 | -3.564 | -0.843 | 0.142 | 0.48 | 1.736 | 16.604 | 2.528 | 0.071 | 0.05 | 0.53 |
| 74 | 1.24 | 15.664 | -3.528 | -0.711 | 0.035 | 0.485 | 1.788 | 16.576 | 2.504 | 0.073 | -0.005 | 0.496 |
| 75 | 1.004 | 15.808 | -3.456 | -0.451 | 0.045 | 0.538 | 1.816 | 16.564 | 2.412 | -0.093 | -0.443 | 0.457 |
| 76 | 0.992 | 15.556 | -3.448 | -0.261 | 0.093 | 0.49 | 1.776 | 16.468 | 2.452 | -0.275 | -0.571 | 0.498 |
| 77 | 1.052 | 15.532 | -3.388 | -0.169 | 0.031 | 0.454 | 1.792 | 16.456 | 2.752 | -0.191 | -0.332 | 0.516 |
| 78 | 1.272 | 15.62 | -3.5 | -0.155 | -0.02 | 0.419 | 1.936 | 16.436 | 2.36 | -0.088 | -0.245 | 0.516 |
| 79 | 1.112 | 15.428 | -3.444 | -0.072 | -0.008 | 0.389 | 1.736 | 16.464 | 2.376 | 0.034 | -0.23 | 0.559 |
| 80 | 1.164 | 15.5 | -3.524 | 0.126 | -0.057 | 0.369 | 1.912 | 16.488 | 2.54 | -0.01 | -0.224 | 0.518 |
| 81 | 1.256 | 15.664 | -3.472 | 0.244 | -0.081 | 0.324 | 1.72 | 16.496 | 2.42 | -0.116 | -0.382 | 0.545 |
| 82 | 1.32 | 16.004 | -3.492 | 0.286 | 0.121 | 0.343 | 1.824 | 16.388 | 2.428 | -0.414 | -0.168 | 0.551 |
| 83 | 1.172 | 16.08 | -3.524 | 0.078 | 0.03 | 0.337 | 1.652 | 16.6 | 2.488 | -0.715 | 0.037 | 0.537 |
| 84 | 1.872 | 15.16 | -2.5 | -0.013 | -0.029 | 0.509 | 1.784 | 16.5 | 2.468 | -0.793 | 0.192 | 0.53 |
| 85 | 1.924 | 15.3 | -2.556 | 0.009 | 0.146 | 0.468 | 1.792 | 16.536 | 2.4 | -0.661 | 0.085 | 0.535 |
| 86 | 1.816 | 15.34 | -2.676 | -0.12 | 0.189 | 0.495 | 1.848 | 16.476 | 2.532 | -0.401 | 0.095 | 0.588 |
| 87 | 1.728 | 15.32 | -2.628 | -0.112 | 0.284 | 0.501 | 1.836 | 16.52 | 2.452 | -0.211 | 0.143 | 0.54 |
| 88 | 1.748 | 15.116 | -2.508 | -0.038 | 0.079 | 0.487 | 1.756 | 16.544 | 2.516 | -0.119 | 0.081 | 0.504 |
| 89 | 1.752 | 15.16 | -2.728 | 0.112 | -0.029 | 0.48 | 1.66 | 16.544 | 2.388 | -0.105 | 0.03 | 0.469 |
| 90 | 1.724 | 15.3 | -2.5 | 0.433 | 0.146 | 0.485 | 1.728 | 16.544 | 2.494 | -0.022 | 0.042 | 0.439 |
| 91 | 1.56 | 15.232 | -2.404 | 0.584 | 0.188 | 0.332 | 1.88 | 16.584 | 2.364 | 0.176 | -0.007 | 0.419 |
| 92 | 1.704 | 15.14 | -2.7 | 0.459 | -0.161 | 0.326 | 1.748 | 16.518 | 2.428 | 0.294 | -0.031 | 0.374 |
| 93 | 2.26 | 15.808 | -3.5 | -0.205 | -0.006 | 0.379 | 1.864 | 16.444 | 2.44 | 0.336 | 0.171 | 0.393 |
| 94 | 4.12 | 20.892 | -3.48 | -0.179 | -0.304 | 0.447 | 1.908 | 16.54 | 2.56 | -0.058 | 0.272 | 0.498 |
| 95 | 6.044 | 22.28 | -3.456 | -0.126 | -0.191 | 0.48 | 1.816 | 16.384 | 2.512 | -0.126 | 0.118 | 0.516 |
| 96 | 8.492 | 21.528 | -3.448 | -0.157 | -0.036 | 0.446 | 1.804 | 16.448 | 2.516 | -0.177 | 0.029 | 0.54 |
| 97 | 9.968 | 15.692 | -3.388 | -0.207 | -0.062 | 0.407 | 1.84 | 16.412 | 2.444 | -0.191 | -0.018 | 0.555 |
| 98 | 6.084 | 15.46 | -3.5 | -0.108 | 0.222 | 0.448 | 1.704 | 16.628 | 2.54 | 0.128 | 0.08 | 0.387 |
| 99 | 0.184 | 17.052 | -3.648 | -0.176 | 0.068 | 0.466 | 1.804 | 16.42 | 2.376 | 0.086 | -0.048 | 0.54 |
| 100 | -1.048 | 16.66 | -3.52 | -0.204 | -0.116 | 0.466 | 1.856 | 16.432 | 2.492 | 0.179 | 0.18 | 0.569 |
| 101 | -3.616 | 15.532 | -3.368 | -0.165 | -0.089 | 0.509 | 1.724 | 16.532 | 2.416 | 0.334 | 0.239 | 0.55 |
| 102 | -4.832 | 15.62 | -3.46 | 0.124 | -0.076 | 0.468 | 1.928 | 16.476 | 2.35 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 103 | -3.424 | 15.428 | -3.436 | 0.054 | -0.041 | 0.495 | 1.9 | 16.54 | 2.532 | -0.08 | 0.005 | 0.497 |
| 104 | -4.956 | 15.5 | -3.46 | -0.035 | -0.011 | 0.501 | 1.764 | 16.52 | 2.384 | -0.154 | -0.066 | 0.516 |
| 105 | -7.092 | 15.664 | -3.516 | -0.101 | -0.076 | 0.487 | 1.764 | 16.428 | 2.396 | -0.115 | -0.039 | 0.559 |
| 106 | -8.336 | 16.004 | -2.676 | -0.095 | 0.043 | 0.48 | 1.9 | 16.508 | 2.544 | 0.174 | -0.026 | 0.518 |
| 107 | -9.396 | 16.08 | -2.628 | -0.1 | 0.036 | 0.485 | 1.94 | 16.412 | 2.332 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 108 | -7.944 | 16.116 | -2.508 | -0.176 | -0.048 | 0.538 | 1.796 | 16.472 | 2.42 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 109 | -2.592 | 16.408 | -2.728 | -0.227 | -0.021 | 0.49 | 1.832 | 16.468 | 2.388 | -0.051 | -0.026 | 0.537 |
| 110 | 0.724 | 14.856 | -2.5 | -0.315 | 0.057 | 0.454 | 1.748 | 16.452 | 2.456 | -0.045 | 0.093 | 0.53 |
| 111 | 1.8 | 14.856 | -2.404 | -0.325 | 0.067 | 0.419 | 1.828 | 16.458 | 2.364 | -0.05 | 0.086 | 0.535 |
| 112 | 2.484 | 15.692 | -3.388 | -0.299 | -0.006 | 0.389 | 1.808 | 16.588 | 2.364 | -0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 113 | 2.752 | 15.46 | -3.5 | -0.351 | -0.022 | 0.369 | 1.604 | 16.5 | 2.341 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 114 | 2.184 | 15.272 | -3.648 | -0.107 | 0.051 | 0.324 | 1.788 | 16.488 | 2.216 | -0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 115 | 2.484 | 15.196 | -3.52 | -0.201 | 0.056 | 0.343 | 1.764 | 16.58 | 2.328 | -0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 116 | 2.752 | 15.12 | -3.368 | -0.405 | -0.036 | 0.337 | 1.724 | 16.52 | 2.54 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 117 | 2.184 | 15.144 | -3.46 | -0.253 | -0.017 | 0.297 | 1.868 | 16.52 | 2.376 | 0.162 | 0.021 | 0.53 |
| 118 | 2.16 | 15.688 | -3.436 | -0.34 | 0.007 | 0.31 | 1.82 | 16.468 | 2.492 | 0.483 | 0.196 | 0.535 |
| 119 | 2.068 | 15.84 | -3.46 | -0.1 | -0.06 | 0.501 | 1.824 | 16.528 | 2.416 | 0.634 | 0.238 | 0.382 |
| 120 | 2.644 | 15.948 | -3.028 | -0.113 | -0.137 | 0.487 | 1.796 | 16.608 | 2.332 | 0.509 | -0.111 | 0.376 |

DATA SIMULASI BENAR

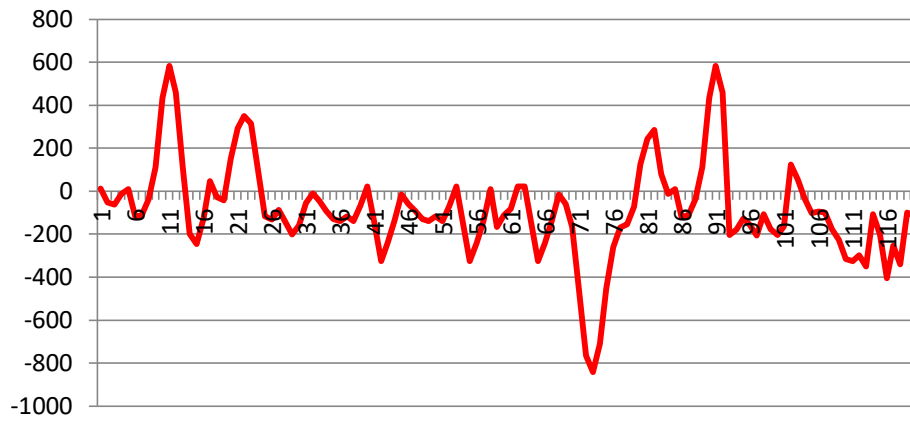
ACCELEROMETER



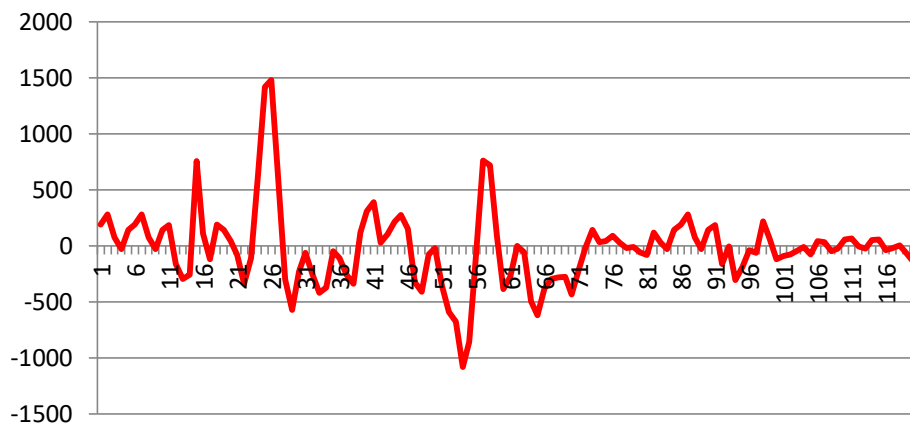
DATA SIMULASI BENAR

GYROSCOPE

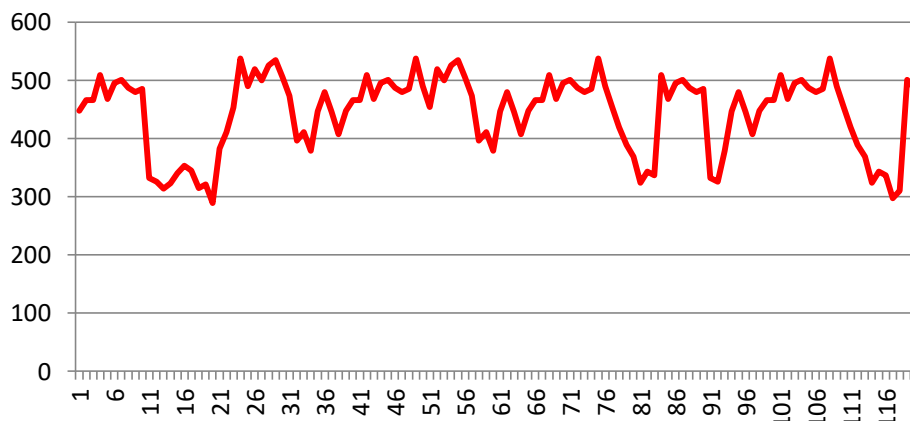
Sumbu X



Sumbu Y



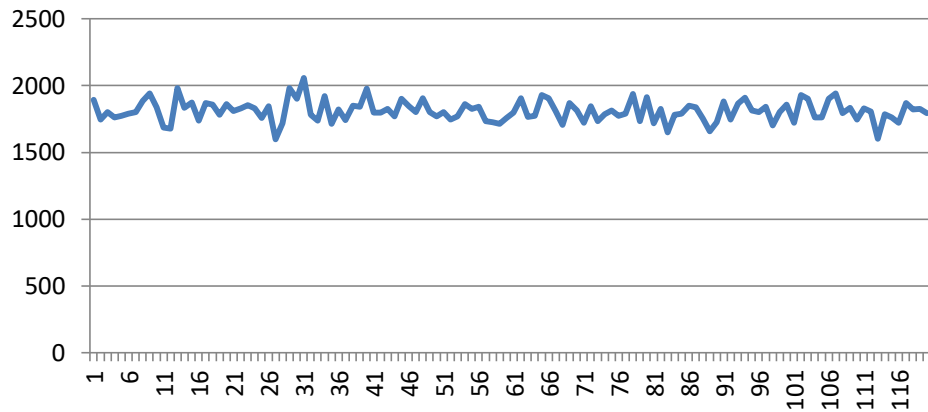
Sumbu Z



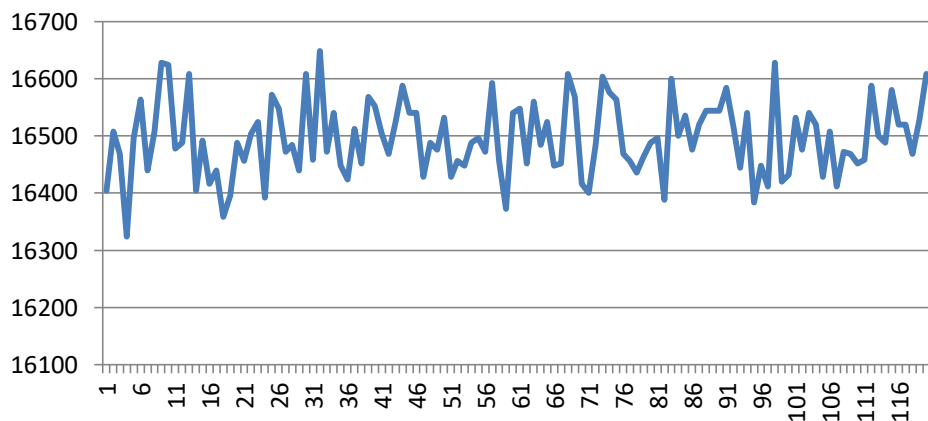
DATA SIMULASI SALAH

ACCELEROMETER

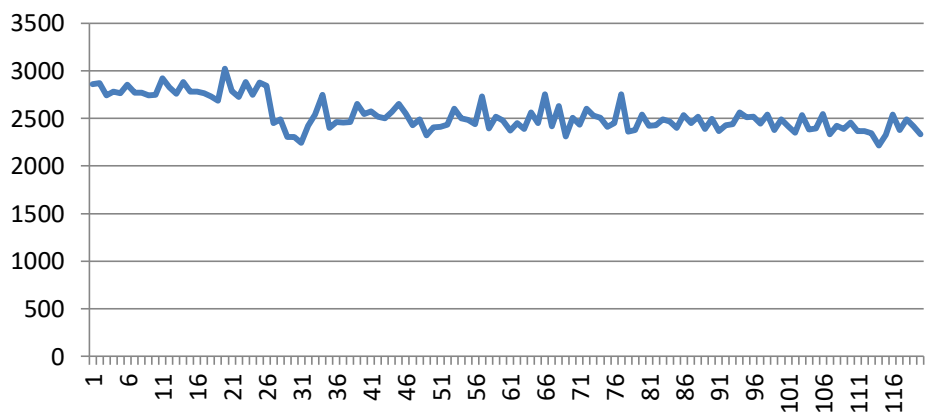
Sumbu X



Sumbu Y



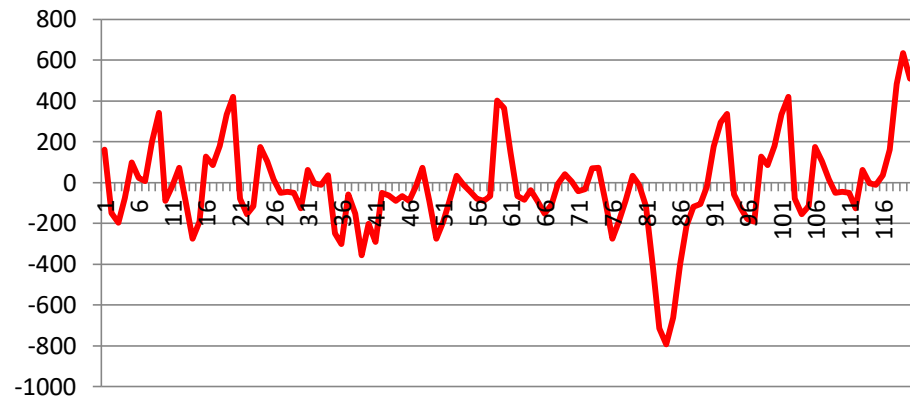
Sumbu Z



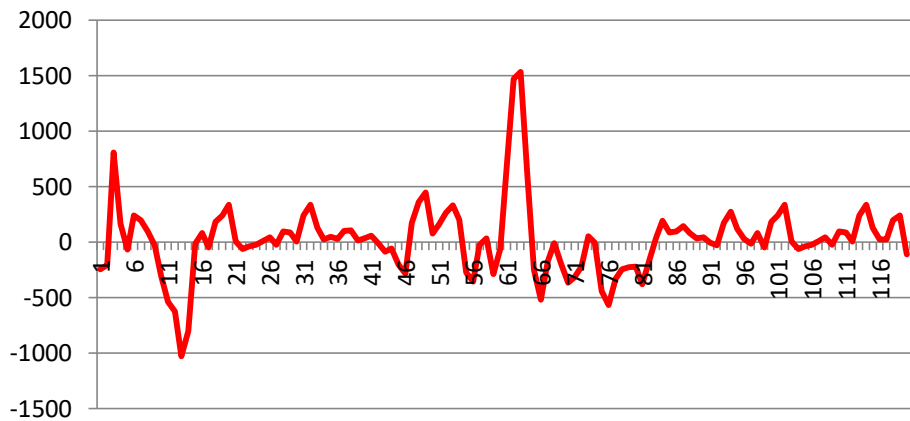
DATA SIMULASI SALAH

GYROSCOPE

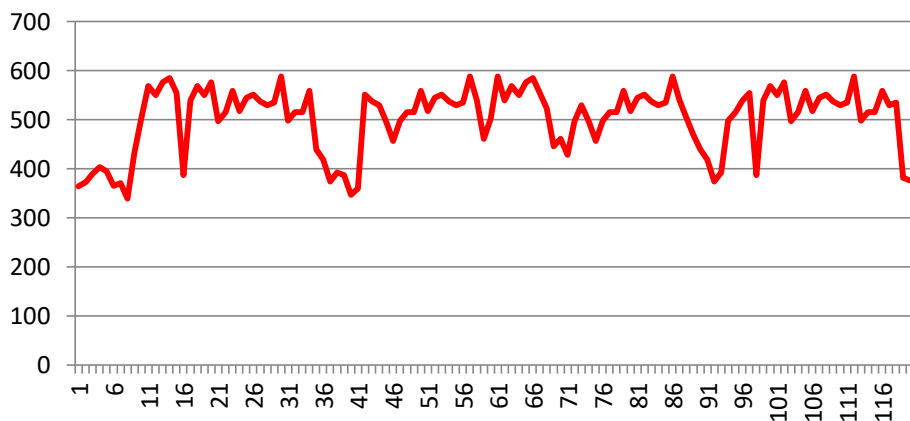
Sumbu X



Sumbu Y



Sumbu Z



| No. | ERROR | | | | | | ERROR KUADRAT | | | | | |
|-----|---------------|---------|--------|-----------|--------|--------|---------------|--------|---------|-----------|-------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | -0.036 | -1.064 | -5.442 | -0.150 | 0.434 | 0.084 | 0.001 | 1.132 | 29.615 | 0.023 | 0.188 | 0.007 |
| 2 | 0.096 | -1.188 | -5.456 | 0.096 | 0.491 | 0.093 | 0.009 | 1.411 | 29.768 | 0.009 | 0.241 | 0.009 |
| 3 | 0.000 | -1.352 | -5.400 | 0.134 | -0.729 | 0.076 | 0.000 | 1.828 | 29.160 | 0.018 | 0.531 | 0.006 |
| 4 | 0.108 | -1.164 | -5.280 | 0.063 | -0.189 | 0.106 | 0.012 | 1.355 | 27.878 | 0.004 | 0.036 | 0.011 |
| 5 | 0.148 | -1.196 | -5.320 | -0.089 | 0.214 | 0.073 | 0.022 | 1.430 | 28.302 | 0.008 | 0.046 | 0.005 |
| 6 | 0.024 | -1.224 | -5.528 | -0.142 | -0.051 | 0.130 | 0.001 | 1.498 | 30.559 | 0.020 | 0.003 | 0.017 |
| 7 | -0.076 | -1.120 | -5.396 | -0.120 | 0.091 | 0.130 | 0.006 | 1.254 | 29.117 | 0.014 | 0.008 | 0.017 |
| 8 | -0.136 | -1.392 | -5.276 | -0.239 | -0.017 | 0.148 | 0.018 | 1.938 | 27.836 | 0.057 | 0.000 | 0.022 |
| 9 | -0.188 | -1.468 | -5.472 | -0.230 | 0.001 | 0.047 | 0.035 | 2.155 | 29.943 | 0.053 | 0.000 | 0.002 |
| 10 | -0.112 | -1.324 | -5.248 | 0.523 | 0.453 | -0.019 | 0.013 | 1.753 | 27.542 | 0.274 | 0.205 | 0.000 |
| 11 | -0.128 | -1.246 | -5.324 | 0.601 | 0.728 | -0.237 | 0.016 | 1.553 | 28.345 | 0.361 | 0.530 | 0.056 |
| 12 | 0.024 | -1.348 | -5.524 | 0.386 | 0.465 | -0.224 | 0.001 | 1.817 | 30.515 | 0.149 | 0.216 | 0.050 |
| 13 | -0.056 | -1.388 | -5.524 | 0.205 | 0.738 | -0.262 | 0.003 | 1.927 | 30.515 | 0.042 | 0.545 | 0.069 |
| 14 | -0.016 | -1.096 | -5.668 | 0.076 | 0.550 | -0.262 | 0.000 | 1.201 | 32.126 | 0.006 | 0.303 | 0.069 |
| 15 | -0.144 | -1.200 | -5.360 | -0.055 | 0.776 | -0.215 | 0.021 | 1.440 | 28.730 | 0.003 | 0.602 | 0.046 |
| 16 | -0.080 | -1.180 | -5.488 | -0.254 | 0.030 | -0.034 | 0.006 | 1.392 | 30.118 | 0.065 | 0.001 | 0.001 |
| 17 | -0.260 | -1.168 | -5.552 | -0.038 | -0.070 | -0.195 | 0.068 | 1.364 | 30.825 | 0.001 | 0.005 | 0.038 |
| 18 | -0.284 | -1.162 | -5.456 | -0.207 | 0.010 | -0.254 | 0.081 | 1.350 | 29.768 | 0.043 | 0.000 | 0.065 |
| 19 | -0.516 | -1.276 | -5.772 | -0.376 | -0.096 | -0.229 | 0.266 | 1.628 | 33.316 | 0.141 | 0.009 | 0.052 |
| 20 | -0.480 | -1.148 | -6.048 | -0.268 | -0.288 | -0.287 | 0.230 | 1.318 | 36.578 | 0.072 | 0.083 | 0.082 |
| 21 | -0.424 | -1.136 | -5.964 | 0.372 | -0.085 | -0.114 | 0.180 | 1.290 | 35.569 | 0.138 | 0.007 | 0.013 |
| 22 | -0.296 | -1.388 | -5.864 | 0.505 | -0.272 | -0.105 | 0.088 | 1.927 | 34.386 | 0.255 | 0.074 | 0.011 |
| 23 | -0.364 | -1.364 | -5.931 | 0.431 | -0.071 | -0.106 | 0.132 | 1.860 | 35.177 | 0.186 | 0.005 | 0.011 |
| 24 | -0.468 | -1.092 | -5.844 | -0.076 | 0.656 | 0.020 | 0.219 | 1.192 | 34.152 | 0.006 | 0.430 | 0.000 |
| 25 | -0.332 | -1.340 | -6.128 | -0.221 | 1.410 | -0.055 | 0.110 | 1.796 | 37.552 | 0.049 | 1.988 | 0.003 |
| 26 | -0.016 | -1.408 | -5.748 | -0.148 | 1.442 | -0.032 | 0.000 | 1.982 | 33.040 | 0.022 | 2.079 | 0.001 |
| 27 | -0.012 | -1.252 | -5.208 | -0.037 | 0.624 | -0.037 | 0.000 | 1.568 | 27.123 | 0.001 | 0.389 | 0.001 |
| 28 | -0.084 | -0.680 | -5.596 | -0.096 | -0.393 | -0.004 | 0.007 | 0.462 | 31.315 | 0.009 | 0.154 | 0.000 |
| 29 | -0.468 | -0.720 | -5.480 | -0.152 | -0.657 | 0.000 | 0.219 | 0.518 | 30.030 | 0.023 | 0.432 | 0.000 |
| 30 | -0.184 | -0.780 | -5.312 | -0.032 | -0.229 | -0.083 | 0.034 | 0.608 | 28.217 | 0.001 | 0.052 | 0.007 |
| 31 | -0.412 | -0.638 | -5.424 | -0.117 | -0.302 | -0.025 | 0.170 | 0.407 | 29.420 | 0.014 | 0.091 | 0.001 |
| 32 | -0.140 | -0.764 | -5.564 | -0.006 | -0.585 | -0.120 | 0.020 | 0.584 | 30.958 | 0.000 | 0.342 | 0.014 |
| 33 | -0.192 | -0.136 | -5.592 | -0.033 | -0.548 | -0.105 | 0.037 | 0.018 | 31.270 | 0.001 | 0.300 | 0.011 |
| 34 | -0.352 | -0.540 | -5.842 | -0.129 | -0.392 | -0.180 | 0.124 | 0.292 | 34.129 | 0.017 | 0.154 | 0.032 |
| 35 | 0.544 | -0.568 | -5.156 | 0.119 | -0.089 | 0.008 | 0.296 | 0.323 | 26.584 | 0.014 | 0.008 | 0.000 |
| 36 | 2.300 | -0.608 | -5.568 | 0.161 | -0.137 | 0.061 | 5.290 | 0.370 | 31.003 | 0.026 | 0.019 | 0.004 |
| 37 | 4.300 | -1.368 | -5.632 | -0.060 | -0.357 | 0.072 | 18.490 | 1.871 | 31.719 | 0.004 | 0.127 | 0.005 |
| 38 | 6.644 | 1.440 | -0.477 | 0.011 | -0.443 | 0.014 | 44.143 | 2.074 | 0.228 | 0.000 | 0.196 | 0.000 |
| 39 | 8.128 | 3.712 | -0.412 | 0.288 | 0.106 | 0.061 | 66.064 | 13.779 | 0.170 | 0.083 | 0.011 | 0.004 |
| 40 | 4.108 | 4.976 | 1.556 | 0.226 | 0.276 | 0.119 | 16.876 | 24.761 | 2.421 | 0.051 | 0.076 | 0.014 |
| 41 | -1.616 | 2.760 | -0.316 | 0.147 | 0.336 | 0.106 | 2.611 | 7.618 | 0.100 | 0.022 | 0.113 | 0.011 |
| 42 | -2.848 | 1.572 | -7.160 | -0.275 | 0.037 | -0.042 | 8.111 | 2.471 | 51.266 | 0.076 | 0.001 | 0.002 |
| 43 | -5.440 | 0.500 | -10.35 | -0.178 | 0.192 | -0.069 | 29.594 | 0.250 | 107.247 | 0.032 | 0.037 | 0.005 |
| 44 | -6.604 | 0.200 | -6.048 | -0.048 | 0.272 | -0.035 | 43.613 | 0.040 | 36.578 | 0.002 | 0.074 | 0.001 |
| 45 | -5.324 | -2.260 | -6.280 | 0.051 | 0.484 | 0.005 | 28.345 | 5.108 | 39.438 | 0.003 | 0.234 | 0.000 |
| 46 | -6.800 | -14.492 | -6.052 | 0.030 | 0.439 | 0.030 | 46.240 | 210.01 | 36.627 | 0.001 | 0.193 | 0.001 |
| 47 | -8.896 | -0.632 | -5.908 | -0.075 | -0.495 | -0.018 | 79.139 | 0.399 | 34.904 | 0.006 | 0.245 | 0.000 |
| 48 | -10.240 | -0.080 | -6.120 | -0.203 | -0.768 | -0.031 | 104.85 | 0.006 | 37.454 | 0.041 | 0.590 | 0.001 |
| 49 | -11.200 | -1.620 | -6.068 | -0.047 | -0.519 | 0.022 | 125.44 | 2.624 | 36.821 | 0.002 | 0.269 | 0.000 |
| 50 | -9.716 | -1.676 | -5.896 | 0.158 | -0.096 | -0.069 | 94.401 | 2.809 | 34.763 | 0.025 | 0.009 | 0.005 |
| 51 | -4.396 | -0.736 | -5.932 | 0.051 | -0.512 | -0.064 | 19.325 | 0.542 | 35.189 | 0.003 | 0.262 | 0.004 |
| 52 | -1.024 | -0.996 | -5.876 | 0.021 | -0.853 | -0.026 | 1.049 | 0.992 | 34.527 | 0.000 | 0.728 | 0.001 |
| 53 | 0.028 | 0.604 | -6.060 | -0.011 | -1.004 | -0.051 | 0.001 | 0.365 | 36.724 | 0.000 | 1.008 | 0.003 |
| 54 | 0.624 | 0.172 | -6.004 | -0.133 | -1.285 | -0.011 | 0.389 | 0.030 | 36.048 | 0.018 | 1.651 | 0.000 |
| 55 | 0.928 | -0.964 | -6.096 | -0.283 | -0.582 | 0.005 | 0.861 | 0.929 | 37.161 | 0.080 | 0.339 | 0.000 |
| 56 | 0.344 | -0.852 | -5.944 | -0.161 | 0.291 | -0.030 | 0.118 | 0.726 | 35.331 | 0.026 | 0.085 | 0.001 |
| 57 | 0.424 | -1.164 | -6.184 | -0.048 | 0.789 | -0.115 | 0.180 | 1.355 | 38.242 | 0.002 | 0.623 | 0.013 |
| 58 | 0.340 | -0.956 | -5.796 | 0.076 | 0.688 | -0.144 | 0.116 | 0.914 | 33.594 | 0.006 | 0.473 | 0.021 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|-------|
| 59 | 0.928 | -0.708 | -6.548 | -0.568 | 0.376 | -0.050 | 0.861 | 0.501 | 42.876 | 0.323 | 0.141 | 0.003 |
| 60 | 0.492 | -0.536 | -6.260 | -0.477 | -0.324 | -0.124 | 0.242 | 0.287 | 39.188 | 0.228 | 0.105 | 0.015 |
| 61 | -0.020 | -0.468 | -6.312 | -0.229 | -0.955 | -0.141 | 0.000 | 0.219 | 39.841 | 0.052 | 0.912 | 0.020 |
| 62 | -0.604 | -0.336 | -6.540 | 0.088 | -1.469 | -0.060 | 0.365 | 0.113 | 42.772 | 0.008 | 2.158 | 0.004 |
| 63 | -0.564 | -0.152 | -6.472 | 0.106 | -1.586 | -0.123 | 0.318 | 0.023 | 41.887 | 0.011 | 2.515 | 0.015 |
| 64 | 0.040 | -1.628 | -6.656 | -0.105 | -1.141 | -0.143 | 0.002 | 2.650 | 44.302 | 0.011 | 1.302 | 0.020 |
| 65 | -0.284 | -1.668 | -6.488 | -0.234 | -0.371 | -0.128 | 0.081 | 2.782 | 42.094 | 0.055 | 0.138 | 0.016 |
| 66 | -0.796 | -0.756 | -6.778 | -0.089 | 0.139 | -0.119 | 0.634 | 0.572 | 45.941 | 0.008 | 0.019 | 0.014 |
| 67 | -0.808 | -0.992 | -6.384 | -0.030 | -0.118 | -0.089 | 0.653 | 0.984 | 40.755 | 0.001 | 0.014 | 0.008 |
| 68 | -0.544 | 0.444 | -6.612 | -0.011 | -0.267 | -0.014 | 0.296 | 0.197 | 43.719 | 0.000 | 0.071 | 0.000 |
| 69 | -0.700 | 0.092 | -6.396 | -0.101 | -0.073 | 0.022 | 0.490 | 0.008 | 40.909 | 0.010 | 0.005 | 0.000 |
| 70 | -0.804 | -0.884 | -6.576 | -0.171 | -0.063 | 0.034 | 0.646 | 0.781 | 43.244 | 0.029 | 0.004 | 0.001 |
| 71 | -0.724 | -0.780 | -4.976 | -0.422 | 0.103 | 0.072 | 0.524 | 0.608 | 24.761 | 0.178 | 0.011 | 0.005 |
| 72 | -0.572 | -1.056 | -6.076 | -0.734 | 0.212 | -0.010 | 0.327 | 1.115 | 36.918 | 0.539 | 0.045 | 0.000 |
| 73 | -0.552 | -1.104 | -6.092 | -0.914 | 0.092 | -0.050 | 0.305 | 1.219 | 37.112 | 0.835 | 0.008 | 0.003 |
| 74 | -0.548 | -0.912 | -6.032 | -0.784 | 0.040 | -0.011 | 0.300 | 0.832 | 36.385 | 0.615 | 0.002 | 0.000 |
| 75 | -0.812 | -0.756 | -5.868 | -0.358 | 0.488 | 0.081 | 0.659 | 0.572 | 34.433 | 0.128 | 0.238 | 0.007 |
| 76 | -0.784 | -0.912 | -5.900 | 0.014 | 0.664 | -0.008 | 0.615 | 0.832 | 34.810 | 0.000 | 0.441 | 0.000 |
| 77 | -0.740 | -0.924 | -6.140 | 0.022 | 0.363 | -0.062 | 0.548 | 0.854 | 37.700 | 0.000 | 0.132 | 0.004 |
| 78 | -0.664 | -0.816 | -5.860 | -0.067 | 0.225 | -0.097 | 0.441 | 0.666 | 34.340 | 0.004 | 0.051 | 0.009 |
| 79 | -0.624 | -1.036 | -5.820 | -0.106 | 0.222 | -0.170 | 0.389 | 1.073 | 33.872 | 0.011 | 0.049 | 0.029 |
| 80 | -0.748 | -0.988 | -6.064 | 0.136 | 0.167 | -0.149 | 0.560 | 0.976 | 36.772 | 0.018 | 0.028 | 0.022 |
| 81 | -0.464 | -0.832 | -5.892 | 0.360 | 0.301 | -0.221 | 0.215 | 0.692 | 34.716 | 0.130 | 0.091 | 0.049 |
| 82 | -0.504 | -0.384 | -5.920 | 0.700 | 0.289 | -0.208 | 0.254 | 0.147 | 35.046 | 0.490 | 0.084 | 0.043 |
| 83 | -0.480 | -0.520 | -6.012 | 0.793 | -0.007 | -0.200 | 0.230 | 0.270 | 36.144 | 0.629 | 0.000 | 0.040 |
| 84 | 0.088 | -1.340 | -4.968 | 0.780 | -0.221 | -0.021 | 0.008 | 1.796 | 24.681 | 0.608 | 0.049 | 0.000 |
| 85 | 0.132 | -1.236 | -4.956 | 0.670 | 0.061 | -0.067 | 0.017 | 1.528 | 24.562 | 0.449 | 0.004 | 0.004 |
| 86 | -0.032 | -1.136 | -5.208 | 0.281 | 0.094 | -0.093 | 0.001 | 1.290 | 27.123 | 0.079 | 0.009 | 0.009 |
| 87 | -0.108 | -1.200 | -5.080 | 0.099 | 0.141 | -0.039 | 0.012 | 1.440 | 25.806 | 0.010 | 0.020 | 0.002 |
| 88 | -0.008 | -1.428 | -5.024 | 0.081 | -0.002 | -0.017 | 0.000 | 2.039 | 25.241 | 0.007 | 0.000 | 0.000 |
| 89 | 0.092 | -1.384 | -5.116 | 0.217 | -0.059 | 0.011 | 0.008 | 1.915 | 26.173 | 0.047 | 0.003 | 0.000 |
| 90 | -0.004 | -1.244 | -4.994 | 0.455 | 0.104 | 0.046 | 0.000 | 1.548 | 24.940 | 0.207 | 0.011 | 0.002 |
| 91 | -0.320 | -1.352 | -4.768 | 0.408 | 0.195 | -0.087 | 0.102 | 1.828 | 22.734 | 0.166 | 0.038 | 0.008 |
| 92 | -0.044 | -1.378 | -5.128 | 0.165 | -0.130 | -0.048 | 0.002 | 1.899 | 26.296 | 0.027 | 0.017 | 0.002 |
| 93 | 0.396 | -0.636 | -5.940 | -0.541 | -0.177 | -0.014 | 0.157 | 0.404 | 35.284 | 0.293 | 0.031 | 0.000 |
| 94 | 2.212 | 4.352 | -6.040 | -0.121 | -0.576 | -0.051 | 4.893 | 18.94 | 36.482 | 0.015 | 0.332 | 0.003 |
| 95 | 4.228 | 5.896 | -5.968 | 0.000 | -0.309 | -0.036 | 17.876 | 34.76 | 35.617 | 0.000 | 0.095 | 0.001 |
| 96 | 6.688 | 5.080 | -5.964 | 0.020 | -0.065 | -0.094 | 44.729 | 25.80 | 35.569 | 0.000 | 0.004 | 0.009 |
| 97 | 8.128 | -0.720 | -5.832 | -0.016 | -0.044 | -0.148 | 66.064 | 0.518 | 34.012 | 0.000 | 0.002 | 0.022 |
| 98 | 4.380 | -1.168 | -6.040 | -0.236 | 0.142 | 0.061 | 19.184 | 1.364 | 36.482 | 0.056 | 0.020 | 0.004 |
| 99 | -1.620 | 0.632 | -6.024 | -0.262 | 0.116 | -0.074 | 2.624 | 0.399 | 36.289 | 0.069 | 0.013 | 0.005 |
| 100 | -2.904 | 0.228 | -6.012 | -0.383 | -0.296 | -0.103 | 8.433 | 0.052 | 36.144 | 0.147 | 0.088 | 0.011 |
| 101 | -5.340 | -1.000 | -5.784 | -0.499 | -0.328 | -0.041 | 28.516 | 1.000 | 33.455 | 0.249 | 0.108 | 0.002 |
| 102 | -6.760 | -0.856 | -5.810 | -0.295 | -0.410 | -0.108 | 45.698 | 0.733 | 33.756 | 0.087 | 0.168 | 0.012 |
| 103 | -5.324 | -1.112 | -5.968 | 0.134 | -0.046 | -0.002 | 28.345 | 1.237 | 35.617 | 0.018 | 0.002 | 0.000 |
| 104 | -6.720 | -1.020 | -5.844 | 0.119 | 0.055 | -0.015 | 45.158 | 1.040 | 34.152 | 0.014 | 0.003 | 0.000 |
| 105 | -8.856 | -0.764 | -5.912 | 0.014 | -0.037 | -0.072 | 78.429 | 0.584 | 34.952 | 0.000 | 0.001 | 0.005 |
| 106 | -10.236 | -0.504 | -5.220 | -0.269 | 0.069 | -0.038 | 104.77 | 0.254 | 27.248 | 0.072 | 0.005 | 0.001 |
| 107 | -11.336 | -0.332 | -4.960 | -0.204 | 0.027 | -0.060 | 128.50 | 0.110 | 24.602 | 0.042 | 0.001 | 0.004 |
| 108 | -9.740 | -0.356 | -4.928 | -0.191 | -0.087 | -0.013 | 94.868 | 0.127 | 24.285 | 0.036 | 0.008 | 0.000 |
| 109 | -4.424 | -0.060 | -5.116 | -0.176 | 0.005 | -0.047 | 19.572 | 0.004 | 26.173 | 0.031 | 0.000 | 0.002 |
| 110 | -1.024 | -1.596 | -4.956 | -0.270 | -0.036 | -0.076 | 1.049 | 2.547 | 24.562 | 0.073 | 0.001 | 0.006 |
| 111 | -0.028 | -1.602 | -4.768 | -0.275 | -0.019 | -0.116 | 0.001 | 2.566 | 22.734 | 0.076 | 0.000 | 0.013 |
| 112 | 0.676 | -0.896 | -5.752 | -0.173 | -0.008 | -0.199 | 0.457 | 0.803 | 33.086 | 0.030 | 0.000 | 0.040 |
| 113 | 1.148 | -1.040 | -5.841 | -0.413 | -0.261 | -0.129 | 1.318 | 1.082 | 34.117 | 0.171 | 0.068 | 0.017 |
| 114 | 0.396 | -1.216 | -5.864 | -0.104 | -0.283 | -0.192 | 0.157 | 1.479 | 34.386 | 0.011 | 0.080 | 0.037 |
| 115 | 0.720 | -1.384 | -5.848 | -0.189 | -0.073 | -0.173 | 0.518 | 1.915 | 34.199 | 0.036 | 0.005 | 0.030 |
| 116 | 1.028 | -1.400 | -5.908 | -0.442 | -0.057 | -0.222 | 1.057 | 1.960 | 34.904 | 0.195 | 0.003 | 0.049 |
| 117 | 0.316 | -1.376 | -5.836 | -0.415 | -0.038 | -0.233 | 0.100 | 1.893 | 34.059 | 0.172 | 0.001 | 0.054 |
| 118 | 0.340 | -0.780 | -5.928 | -0.823 | -0.189 | -0.225 | 0.116 | 0.608 | 35.141 | 0.677 | 0.036 | 0.051 |
| 119 | 0.244 | -0.688 | -5.876 | -0.734 | -0.298 | 0.119 | 0.060 | 0.473 | 34.527 | 0.539 | 0.089 | 0.014 |
| 120 | 0.848 | -0.660 | -5.360 | -0.622 | -0.026 | 0.111 | 0.719 | 0.436 | 28.730 | 0.387 | 0.001 | 0.012 |
| jmlh | -105.89 | -86.266 | -672.0 | -7.397 | -4.850 | -6.952 | 1491.1 | 462.98 | 3945.692 | 12.016 | 27.304 | 1.586 |

| No. | [ERROR] | | | | | | [ERROR]/Data Awal | | | | | |
|-----|---------------|--------|--------|-----------|-------|-------|-------------------|--------|-------|-----------|-------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 0.036 | 1.064 | 5.442 | 0.150 | 0.434 | 0.084 | 1.892 | 16.404 | 2.858 | 0.162 | 0.245 | 0.364 |
| 2 | 0.096 | 1.188 | 5.456 | 0.096 | 0.491 | 0.093 | 1.748 | 16.508 | 2.868 | 0.149 | 0.207 | 0.373 |
| 3 | 0.000 | 1.352 | 5.400 | 0.134 | 0.729 | 0.076 | 1.804 | 16.468 | 2.740 | 0.196 | 0.808 | 0.390 |
| 4 | 0.108 | 1.164 | 5.280 | 0.063 | 0.189 | 0.106 | 1.764 | 16.324 | 2.780 | 0.076 | 0.160 | 0.403 |
| 5 | 0.148 | 1.196 | 5.320 | 0.089 | 0.214 | 0.073 | 1.776 | 16.496 | 2.764 | 0.098 | 0.068 | 0.395 |
| 6 | 0.024 | 1.224 | 5.528 | 0.142 | 0.051 | 0.130 | 1.792 | 16.564 | 2.852 | 0.022 | 0.240 | 0.365 |
| 7 | 0.076 | 1.120 | 5.396 | 0.120 | 0.091 | 0.130 | 1.804 | 16.440 | 2.768 | 0.008 | 0.193 | 0.371 |
| 8 | 0.136 | 1.392 | 5.276 | 0.239 | 0.017 | 0.148 | 1.884 | 16.508 | 2.768 | 0.201 | 0.096 | 0.339 |
| 9 | 0.188 | 1.468 | 5.472 | 0.230 | 0.001 | 0.047 | 1.940 | 16.628 | 2.744 | 0.342 | 0.030 | 0.433 |
| 10 | 0.112 | 1.324 | 5.248 | 0.523 | 0.453 | 0.019 | 1.836 | 16.624 | 2.748 | 0.090 | 0.307 | 0.504 |
| 11 | 0.128 | 1.246 | 5.324 | 0.601 | 0.728 | 0.237 | 1.688 | 16.478 | 2.920 | 0.017 | 0.540 | 0.569 |
| 12 | 0.024 | 1.348 | 5.524 | 0.386 | 0.465 | 0.224 | 1.680 | 16.488 | 2.824 | 0.073 | 0.626 | 0.550 |
| 13 | 0.056 | 1.388 | 5.524 | 0.205 | 0.738 | 0.262 | 1.980 | 16.608 | 2.756 | 0.093 | 1.033 | 0.576 |
| 14 | 0.016 | 1.096 | 5.668 | 0.076 | 0.550 | 0.262 | 1.832 | 16.404 | 2.884 | 0.275 | 0.807 | 0.585 |
| 15 | 0.144 | 1.200 | 5.360 | 0.055 | 0.776 | 0.215 | 1.872 | 16.492 | 2.780 | 0.191 | 0.018 | 0.555 |
| 16 | 0.080 | 1.180 | 5.488 | 0.254 | 0.030 | 0.034 | 1.740 | 16.416 | 2.780 | 0.128 | 0.080 | 0.387 |
| 17 | 0.260 | 1.168 | 5.552 | 0.038 | 0.070 | 0.195 | 1.868 | 16.440 | 2.764 | 0.086 | 0.048 | 0.540 |
| 18 | 0.284 | 1.162 | 5.456 | 0.207 | 0.010 | 0.254 | 1.856 | 16.358 | 2.728 | 0.179 | 0.180 | 0.569 |
| 19 | 0.516 | 1.276 | 5.772 | 0.376 | 0.096 | 0.229 | 1.784 | 16.396 | 2.684 | 0.334 | 0.239 | 0.550 |
| 20 | 0.480 | 1.148 | 6.048 | 0.268 | 0.288 | 0.287 | 1.860 | 16.488 | 3.020 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 21 | 0.424 | 1.136 | 5.964 | 0.372 | 0.085 | 0.114 | 1.812 | 16.456 | 2.784 | 0.080 | 0.005 | 0.497 |
| 22 | 0.296 | 1.388 | 5.864 | 0.505 | 0.272 | 0.105 | 1.828 | 16.504 | 2.724 | 0.154 | 0.066 | 0.516 |
| 23 | 0.364 | 1.364 | 5.931 | 0.431 | 0.071 | 0.106 | 1.852 | 16.524 | 2.879 | 0.115 | 0.039 | 0.559 |
| 24 | 0.468 | 1.092 | 5.844 | 0.076 | 0.656 | 0.020 | 1.828 | 16.392 | 2.748 | 0.174 | 0.026 | 0.518 |
| 25 | 0.332 | 1.340 | 6.128 | 0.221 | 1.410 | 0.055 | 1.760 | 16.572 | 2.876 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 26 | 0.016 | 1.408 | 5.748 | 0.148 | 1.442 | 0.032 | 1.844 | 16.548 | 2.840 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 27 | 0.012 | 1.252 | 5.208 | 0.037 | 0.624 | 0.037 | 1.600 | 16.472 | 2.452 | 0.051 | 0.026 | 0.537 |
| 28 | 0.084 | 0.680 | 5.596 | 0.096 | 0.393 | 0.004 | 1.720 | 16.484 | 2.492 | 0.045 | 0.093 | 0.530 |
| 29 | 0.468 | 0.720 | 5.480 | 0.152 | 0.657 | 0.000 | 1.980 | 16.440 | 2.304 | 0.050 | 0.086 | 0.535 |
| 30 | 0.184 | 0.780 | 5.312 | 0.032 | 0.229 | 0.083 | 1.900 | 16.608 | 2.304 | 0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 31 | 0.412 | 0.638 | 5.424 | 0.117 | 0.302 | 0.025 | 2.056 | 16.458 | 2.244 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 32 | 0.140 | 0.764 | 5.564 | 0.006 | 0.585 | 0.120 | 1.784 | 16.648 | 2.424 | 0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 33 | 0.192 | 0.136 | 5.592 | 0.033 | 0.548 | 0.105 | 1.740 | 16.472 | 2.540 | 0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 34 | 0.352 | 0.540 | 5.842 | 0.129 | 0.392 | 0.180 | 1.920 | 16.540 | 2.746 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 35 | 0.544 | 0.568 | 5.156 | 0.119 | 0.089 | 0.008 | 1.716 | 16.448 | 2.400 | 0.249 | 0.044 | 0.439 |
| 36 | 2.300 | 0.608 | 5.568 | 0.161 | 0.137 | 0.061 | 1.820 | 16.424 | 2.464 | 0.301 | 0.028 | 0.419 |
| 37 | 4.300 | 1.368 | 5.632 | 0.060 | 0.357 | 0.072 | 1.744 | 16.512 | 2.456 | 0.057 | 0.101 | 0.374 |
| 38 | 6.644 | 1.440 | 0.477 | 0.011 | 0.443 | 0.014 | 1.848 | 16.452 | 2.464 | 0.151 | 0.106 | 0.393 |
| 39 | 8.128 | 3.712 | 0.412 | 0.288 | 0.106 | 0.061 | 1.840 | 16.568 | 2.652 | 0.355 | 0.014 | 0.387 |
| 40 | 4.108 | 4.976 | 1.556 | 0.226 | 0.276 | 0.119 | 1.976 | 16.552 | 2.544 | 0.203 | 0.033 | 0.347 |
| 41 | 1.616 | 2.760 | 0.316 | 0.147 | 0.336 | 0.106 | 1.800 | 16.504 | 2.576 | 0.290 | 0.057 | 0.360 |
| 42 | 2.848 | 1.572 | 7.160 | 0.275 | 0.037 | 0.042 | 1.800 | 16.468 | 2.516 | 0.050 | 0.010 | 0.551 |
| 43 | 5.440 | 0.500 | 10.356 | 0.178 | 0.192 | 0.069 | 1.824 | 16.524 | 2.500 | 0.063 | 0.087 | 0.537 |
| 44 | 6.604 | 0.200 | 6.048 | 0.048 | 0.272 | 0.035 | 1.772 | 16.588 | 2.568 | 0.090 | 0.059 | 0.530 |
| 45 | 5.324 | 2.260 | 6.280 | 0.051 | 0.484 | 0.005 | 1.900 | 16.540 | 2.652 | 0.067 | 0.206 | 0.496 |
| 46 | 6.800 | 14.492 | 6.052 | 0.030 | 0.439 | 0.030 | 1.844 | 16.540 | 2.552 | 0.090 | 0.287 | 0.457 |
| 47 | 8.896 | 0.632 | 5.908 | 0.075 | 0.495 | 0.018 | 1.804 | 16.428 | 2.428 | 0.017 | 0.170 | 0.498 |
| 48 | 10.240 | 0.080 | 6.120 | 0.203 | 0.768 | 0.031 | 1.904 | 16.488 | 2.492 | 0.073 | 0.359 | 0.516 |
| 49 | 11.200 | 1.620 | 6.068 | 0.047 | 0.519 | 0.022 | 1.804 | 16.476 | 2.320 | 0.093 | 0.443 | 0.516 |
| 50 | 9.716 | 1.676 | 5.896 | 0.158 | 0.096 | 0.069 | 1.772 | 16.532 | 2.408 | 0.275 | 0.077 | 0.559 |
| 51 | 4.396 | 0.736 | 5.932 | 0.051 | 0.512 | 0.064 | 1.804 | 16.428 | 2.412 | 0.191 | 0.155 | 0.518 |
| 52 | 1.024 | 0.996 | 5.876 | 0.021 | 0.853 | 0.026 | 1.748 | 16.456 | 2.432 | 0.088 | 0.263 | 0.545 |
| 53 | 0.028 | 0.604 | 6.060 | 0.011 | 1.004 | 0.051 | 1.772 | 16.448 | 2.600 | 0.034 | 0.328 | 0.551 |
| 54 | 0.624 | 0.172 | 6.004 | 0.133 | 1.285 | 0.011 | 1.860 | 16.488 | 2.500 | 0.010 | 0.202 | 0.537 |
| 55 | 0.928 | 0.964 | 6.096 | 0.283 | 0.582 | 0.005 | 1.824 | 16.496 | 2.484 | 0.042 | 0.275 | 0.530 |
| 56 | 0.344 | 0.852 | 5.944 | 0.161 | 0.291 | 0.030 | 1.840 | 16.472 | 2.440 | 0.080 | 0.359 | 0.535 |
| 57 | 0.424 | 1.164 | 6.184 | 0.048 | 0.789 | 0.115 | 1.736 | 16.592 | 2.728 | 0.090 | 0.026 | 0.588 |
| 58 | 0.340 | 0.956 | 5.796 | 0.076 | 0.688 | 0.144 | 1.728 | 16.456 | 2.396 | 0.067 | 0.031 | 0.540 |
| 59 | 0.928 | 0.708 | 6.548 | 0.568 | 0.376 | 0.050 | 1.716 | 16.372 | 2.516 | 0.401 | 0.288 | 0.461 |
| 60 | 0.492 | 0.536 | 6.260 | 0.477 | 0.324 | 0.124 | 1.760 | 16.540 | 2.476 | 0.366 | 0.060 | 0.503 |
| 61 | 0.020 | 0.468 | 6.312 | 0.229 | 0.955 | 0.141 | 1.800 | 16.548 | 2.372 | 0.148 | 0.680 | 0.588 |
| 62 | 0.604 | 0.336 | 6.540 | 0.088 | 1.469 | 0.060 | 1.904 | 16.452 | 2.448 | 0.067 | 1.469 | 0.540 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|--------|--------|--------|
| 63 | 0.564 | 0.152 | 6.472 | 0.106 | 1.586 | 0.123 | 1.768 | 16.560 | 2.388 | 0.083 | 1.531 | 0.569 |
| 64 | 0.040 | 1.628 | 6.656 | 0.105 | 1.141 | 0.143 | 1.776 | 16.484 | 2.564 | 0.038 | 0.648 | 0.550 |
| 65 | 0.284 | 1.668 | 6.488 | 0.234 | 0.371 | 0.128 | 1.928 | 16.524 | 2.452 | 0.091 | 0.250 | 0.576 |
| 66 | 0.796 | 0.756 | 6.778 | 0.089 | 0.139 | 0.119 | 1.904 | 16.448 | 2.750 | 0.152 | 0.521 | 0.585 |
| 67 | 0.808 | 0.992 | 6.384 | 0.030 | 0.118 | 0.089 | 1.812 | 16.452 | 2.416 | 0.108 | 0.177 | 0.555 |
| 68 | 0.544 | 0.444 | 6.612 | 0.011 | 0.267 | 0.014 | 1.708 | 16.608 | 2.632 | 0.005 | 0.013 | 0.523 |
| 69 | 0.700 | 0.092 | 6.396 | 0.101 | 0.073 | 0.022 | 1.868 | 16.568 | 2.312 | 0.041 | 0.201 | 0.446 |
| 70 | 0.804 | 0.884 | 6.576 | 0.171 | 0.063 | 0.034 | 1.816 | 16.416 | 2.508 | 0.005 | 0.369 | 0.461 |
| 71 | 0.724 | 0.780 | 4.976 | 0.422 | 0.103 | 0.072 | 1.724 | 16.400 | 2.432 | 0.042 | 0.321 | 0.429 |
| 72 | 0.572 | 1.056 | 6.076 | 0.734 | 0.212 | 0.010 | 1.844 | 16.484 | 2.604 | 0.031 | 0.225 | 0.497 |
| 73 | 0.552 | 1.104 | 6.092 | 0.914 | 0.092 | 0.050 | 1.736 | 16.604 | 2.528 | 0.071 | 0.050 | 0.530 |
| 74 | 0.548 | 0.912 | 6.032 | 0.784 | 0.040 | 0.011 | 1.788 | 16.576 | 2.504 | 0.073 | 0.005 | 0.496 |
| 75 | 0.812 | 0.756 | 5.868 | 0.358 | 0.488 | 0.081 | 1.816 | 16.564 | 2.412 | 0.093 | 0.443 | 0.457 |
| 76 | 0.784 | 0.912 | 5.900 | 0.014 | 0.664 | 0.008 | 1.776 | 16.468 | 2.452 | 0.275 | 0.571 | 0.498 |
| 77 | 0.740 | 0.924 | 6.140 | 0.022 | 0.363 | 0.062 | 1.792 | 16.456 | 2.752 | 0.191 | 0.332 | 0.516 |
| 78 | 0.664 | 0.816 | 5.860 | 0.067 | 0.225 | 0.097 | 1.936 | 16.436 | 2.360 | 0.088 | 0.245 | 0.516 |
| 79 | 0.624 | 1.036 | 5.820 | 0.106 | 0.222 | 0.170 | 1.736 | 16.464 | 2.376 | 0.034 | 0.230 | 0.559 |
| 80 | 0.748 | 0.988 | 6.064 | 0.136 | 0.167 | 0.149 | 1.912 | 16.488 | 2.540 | 0.010 | 0.224 | 0.518 |
| 81 | 0.464 | 0.832 | 5.892 | 0.360 | 0.301 | 0.221 | 1.720 | 16.496 | 2.420 | 0.116 | 0.382 | 0.545 |
| 82 | 0.504 | 0.384 | 5.920 | 0.700 | 0.289 | 0.208 | 1.824 | 16.388 | 2.428 | 0.414 | 0.168 | 0.551 |
| 83 | 0.480 | 0.520 | 6.012 | 0.793 | 0.007 | 0.200 | 1.652 | 16.600 | 2.488 | 0.715 | 0.037 | 0.537 |
| 84 | 0.088 | 1.340 | 4.968 | 0.780 | 0.221 | 0.021 | 1.784 | 16.500 | 2.468 | 0.793 | 0.192 | 0.530 |
| 85 | 0.132 | 1.236 | 4.956 | 0.670 | 0.061 | 0.067 | 1.792 | 16.536 | 2.400 | 0.661 | 0.085 | 0.535 |
| 86 | 0.032 | 1.136 | 5.208 | 0.281 | 0.094 | 0.093 | 1.848 | 16.476 | 2.532 | 0.401 | 0.095 | 0.588 |
| 87 | 0.108 | 1.200 | 5.080 | 0.099 | 0.141 | 0.039 | 1.836 | 16.520 | 2.452 | 0.211 | 0.143 | 0.540 |
| 88 | 0.008 | 1.428 | 5.024 | 0.081 | 0.002 | 0.017 | 1.756 | 16.544 | 2.516 | 0.119 | 0.081 | 0.504 |
| 89 | 0.092 | 1.384 | 5.116 | 0.217 | 0.059 | 0.011 | 1.660 | 16.544 | 2.388 | 0.105 | 0.030 | 0.469 |
| 90 | 0.004 | 1.244 | 4.994 | 0.455 | 0.104 | 0.046 | 1.728 | 16.544 | 2.494 | 0.022 | 0.042 | 0.439 |
| 91 | 0.320 | 1.352 | 4.768 | 0.408 | 0.195 | 0.087 | 1.880 | 16.584 | 2.364 | 0.176 | 0.007 | 0.419 |
| 92 | 0.044 | 1.378 | 5.128 | 0.165 | 0.130 | 0.048 | 1.748 | 16.518 | 2.428 | 0.294 | 0.031 | 0.374 |
| 93 | 0.396 | 0.636 | 5.940 | 0.541 | 0.177 | 0.014 | 1.864 | 16.444 | 2.440 | 0.336 | 0.171 | 0.393 |
| 94 | 2.212 | 4.352 | 6.040 | 0.121 | 0.576 | 0.051 | 1.908 | 16.540 | 2.560 | 0.058 | 0.272 | 0.498 |
| 95 | 4.228 | 5.896 | 5.968 | 0.000 | 0.309 | 0.036 | 1.816 | 16.384 | 2.512 | 0.126 | 0.118 | 0.516 |
| 96 | 6.688 | 5.080 | 5.964 | 0.020 | 0.065 | 0.094 | 1.804 | 16.448 | 2.516 | 0.177 | 0.029 | 0.540 |
| 97 | 8.128 | 0.720 | 5.832 | 0.016 | 0.044 | 0.148 | 1.840 | 16.412 | 2.444 | 0.191 | 0.018 | 0.555 |
| 98 | 4.380 | 1.168 | 6.040 | 0.236 | 0.142 | 0.061 | 1.704 | 16.628 | 2.540 | 0.128 | 0.080 | 0.387 |
| 99 | 1.620 | 0.632 | 6.024 | 0.262 | 0.116 | 0.074 | 1.804 | 16.420 | 2.376 | 0.086 | 0.048 | 0.540 |
| 100 | 2.904 | 0.228 | 6.012 | 0.383 | 0.296 | 0.103 | 1.856 | 16.432 | 2.492 | 0.179 | 0.180 | 0.569 |
| 101 | 5.340 | 1.000 | 5.784 | 0.499 | 0.328 | 0.041 | 1.724 | 16.532 | 2.416 | 0.334 | 0.239 | 0.550 |
| 102 | 6.760 | 0.856 | 5.810 | 0.295 | 0.410 | 0.108 | 1.928 | 16.476 | 2.350 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 103 | 5.324 | 1.112 | 5.968 | 0.134 | 0.046 | 0.002 | 1.900 | 16.540 | 2.532 | 0.080 | 0.005 | 0.497 |
| 104 | 6.720 | 1.020 | 5.844 | 0.119 | 0.055 | 0.015 | 1.764 | 16.520 | 2.384 | 0.154 | 0.066 | 0.516 |
| 105 | 8.856 | 0.764 | 5.912 | 0.014 | 0.037 | 0.072 | 1.764 | 16.428 | 2.396 | 0.115 | 0.039 | 0.559 |
| 106 | 10.236 | 0.504 | 5.220 | 0.269 | 0.069 | 0.038 | 1.900 | 16.508 | 2.544 | 0.174 | 0.026 | 0.518 |
| 107 | 11.336 | 0.332 | 4.960 | 0.204 | 0.027 | 0.060 | 1.940 | 16.412 | 2.332 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 108 | 9.740 | 0.356 | 4.928 | 0.191 | 0.087 | 0.013 | 1.796 | 16.472 | 2.420 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 109 | 4.424 | 0.060 | 5.116 | 0.176 | 0.005 | 0.047 | 1.832 | 16.468 | 2.388 | 0.051 | 0.026 | 0.537 |
| 110 | 1.024 | 1.596 | 4.956 | 0.270 | 0.036 | 0.076 | 1.748 | 16.452 | 2.456 | 0.045 | 0.093 | 0.530 |
| 111 | 0.028 | 1.602 | 4.768 | 0.275 | 0.019 | 0.116 | 1.828 | 16.458 | 2.364 | 0.050 | 0.086 | 0.535 |
| 112 | 0.676 | 0.896 | 5.752 | 0.173 | 0.008 | 0.199 | 1.808 | 16.588 | 2.364 | 0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 113 | 1.148 | 1.040 | 5.841 | 0.413 | 0.261 | 0.129 | 1.604 | 16.500 | 2.341 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 114 | 0.396 | 1.216 | 5.864 | 0.104 | 0.283 | 0.192 | 1.788 | 16.488 | 2.216 | 0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 115 | 0.720 | 1.384 | 5.848 | 0.189 | 0.073 | 0.173 | 1.764 | 16.580 | 2.328 | 0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 116 | 1.028 | 1.400 | 5.908 | 0.442 | 0.057 | 0.222 | 1.724 | 16.520 | 2.540 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 117 | 0.316 | 1.376 | 5.836 | 0.415 | 0.038 | 0.233 | 1.868 | 16.520 | 2.376 | 0.162 | 0.021 | 0.530 |
| 118 | 0.340 | 0.780 | 5.928 | 0.823 | 0.189 | 0.225 | 1.820 | 16.468 | 2.492 | 0.483 | 0.196 | 0.535 |
| 119 | 0.244 | 0.688 | 5.876 | 0.734 | 0.298 | 0.119 | 1.824 | 16.528 | 2.416 | 0.634 | 0.238 | 0.382 |
| 120 | 0.848 | 0.660 | 5.360 | 0.622 | 0.026 | 0.111 | 1.796 | 16.608 | 2.332 | 0.509 | 0.111 | 0.376 |
| jmlh | 231.16 | 151.586 | 675.143 | 28.183 | 40.276 | 10.886 | 217.268 | 1979.466 | 304.41 | 18.483 | 24.408 | 60.398 |

PERHITUNGAN MSE (MEAN SQUARED ERROR)

| Modul Sensor | | | | | | |
|--------------|----------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|
| | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 12.43 | 13.86 | 12.88 | 1.30 | 1.53 | 1.01 |
| RSME | 3.53 | 3.72 | 3.59 | 1.14 | 1.24 | 1.01 |
| MAD | 0.036 | 1.064 | 5.442 | 0.15 | 0.434 | 0.084 |
| MAPE | 51.057 | 64.956 | 55.368 | 20.723 | 25.580 | 18.332 |

PERBANDINGAN NILAI MSE

Perbandingan Nilai MSE antara simulasi benar dengan simulasi salah

| | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Accelerometer</i> | | |
|------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 1.847 | 2.846 | 1.766 | 12.426 | 13.858 | 12.881 |
| RSME | 1.359 | 1.687 | 1.329 | 3.525 | 3.723 | 3.589 |
| MAD | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 0.036 | 1.064 | 5.442 |
| MAPE | 24.784 | 35.983 | 22.160 | 51.057 | 64.956 | 55.368 |

| | <i>Gyroscope</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
|------|------------------|--------|-------|------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 0.100 | 0.228 | 0.013 | 1.300 | 1.528 | 1.013 |
| RSME | 0.316 | 0.477 | 0.115 | 1.140 | 1.236 | 1.007 |
| MAD | 0.150 | 0.434 | 0.084 | 0.150 | 0.434 | 0.084 |
| MAPE | 10.403 | 15.340 | 5.033 | 20.723 | 25.580 | 18.332 |

MEAN SQUARED ERROR (MSE) MELAKUKAN
KEGIATAN *TAG WELD* (PENGELASAN TITIK)

DATA

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|-------|-------|-----------|-------|-----|---------------|-------|-------|-----------|-------|-----|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1856 | 15340 | -2584 | 12 | 189 | 448 | 2066 | 15570 | -2478 | 162 | -245 | 364 |
| 2 | 1844 | 15320 | -2588 | -53 | 284 | 466 | 1978 | 15366 | -2250 | -149 | -207 | 373 |
| 3 | 1804 | 15116 | -2660 | -62 | 79 | 466 | 1998 | 15410 | -2154 | -196 | 808 | 390 |
| 4 | 1872 | 15160 | -2500 | -13 | -29 | 509 | 2002 | 15550 | -2450 | -76 | 160 | 403 |
| 5 | 1924 | 15300 | -2556 | 9 | 146 | 468 | 1974 | 15482 | -2518 | 98 | -68 | 395 |
| 6 | 1816 | 15340 | -2676 | -120 | 189 | 495 | 1810 | 15390 | -2534 | 22 | 240 | 365 |
| 7 | 1728 | 15320 | -2628 | -112 | 284 | 501 | 1954 | 15470 | -2330 | 8 | 193 | 371 |
| 8 | 1748 | 15116 | -2508 | -38 | 79 | 487 | 2174 | 15558 | -2458 | 201 | 96 | 339 |
| 9 | 1752 | 15160 | -2728 | 112 | -29 | 480 | 2066 | 15542 | -2538 | 342 | -30 | 433 |
| 10 | 1724 | 15300 | -2500 | 433 | 146 | 485 | 1978 | 15486 | -2478 | -90 | -307 | 504 |
| 11 | 1560 | 15232 | -2404 | 584 | 188 | 332 | 1910 | 15522 | -2854 | -17 | -540 | 569 |
| 12 | 1704 | 15140 | -2700 | 459 | -161 | 326 | 1858 | 15446 | -2926 | 73 | -626 | 550 |
| 13 | 1924 | 15220 | -2768 | 112 | -295 | 314 | 2106 | 15370 | -2758 | -93 | -1033 | 576 |
| 14 | 1816 | 15308 | -2784 | -199 | -257 | 323 | 2094 | 15590 | -2930 | -275 | -807 | 585 |
| 15 | 1728 | 15292 | -2580 | -246 | 758 | 340 | 2054 | 15570 | -2890 | -191 | -18 | 555 |
| 16 | 1660 | 15236 | -2708 | -126 | 110 | 353 | 2122 | 15366 | -2802 | 128 | 80 | 387 |
| 17 | 1608 | 15272 | -2788 | 48 | -118 | 345 | 2174 | 15410 | -2846 | 86 | -48 | 540 |
| 18 | 1572 | 15196 | -2728 | -28 | 190 | 315 | 1738 | 15550 | -2506 | 179 | 180 | 569 |
| 19 | 1268 | 15120 | -3088 | -42 | 143 | 321 | 1610 | 15482 | -2854 | 334 | 239 | 550 |
| 20 | 1380 | 15340 | -3028 | 151 | 46 | 289 | 1678 | 15390 | -2926 | 419 | 334 | 576 |
| 21 | 1388 | 15320 | -3180 | 292 | -80 | 383 | 2078 | 15590 | 2237 | -80 | 5 | 497 |
| 22 | 1532 | 15116 | -3140 | 351 | -338 | 411 | 1838 | 15570 | -2334 | -154 | -66 | 516 |
| 23 | 1488 | 15160 | -3052 | 316 | -110 | 453 | 1886 | 15366 | -2338 | -115 | -39 | 559 |
| 24 | 1360 | 15300 | -3096 | 98 | 630 | 538 | 1762 | 15410 | -2410 | 174 | -26 | 518 |
| 25 | 1428 | 15232 | -3252 | -117 | 1419 | 490 | 1966 | 15550 | -2250 | 104 | 9 | 545 |
| 26 | 1828 | 15140 | -2908 | -133 | 1481 | 519 | 1894 | 15590 | -2306 | 15 | 39 | 551 |
| 27 | 1588 | 15220 | -2756 | -88 | 598 | 500 | 1894 | 16078 | -2426 | -51 | -26 | 537 |
| 28 | 1636 | 15804 | -3104 | -141 | -300 | 526 | 1798 | 16070 | -2378 | -45 | 93 | 530 |
| 29 | 1512 | 15720 | -3176 | -202 | -571 | 535 | 1822 | 16134 | -2258 | -50 | 86 | 535 |
| 30 | 1716 | 15828 | -3008 | -158 | -227 | 505 | 1518 | 16586 | -2838 | -126 | 2 | 588 |
| 31 | 1644 | 15820 | -3180 | -55 | -63 | 473 | 1630 | 16250 | -2778 | 62 | 239 | 498 |
| 32 | 1644 | 15884 | -3140 | -9 | -251 | 396 | 1638 | 16130 | -2930 | -3 | 334 | 516 |
| 33 | 1548 | 16336 | -3052 | -45 | -419 | 411 | 1782 | 15470 | -2890 | -12 | 129 | 516 |
| 34 | 1568 | 16000 | -3096 | -92 | -371 | 379 | 1818 | 16054 | -2802 | 37 | 21 | 559 |
| 35 | 2260 | 15880 | -2756 | -130 | -45 | 447 | 1250 | 16330 | -3362 | -249 | 44 | 439 |
| 36 | 4120 | 15816 | -3104 | -140 | -109 | 480 | 1522 | 16366 | -3778 | -301 | 28 | 419 |
| 37 | 6044 | 15144 | -3176 | -117 | -256 | 446 | 1434 | 16658 | -3718 | -57 | 101 | 374 |
| 38 | 8492 | 17892 | 1987 | -140 | -337 | 407 | 1490 | 15106 | -3730 | -151 | 106 | 393 |
| 39 | 9968 | 20280 | 2240 | -67 | 120 | 448 | 1254 | 16046 | -3834 | -355 | 14 | 387 |
| 40 | 6084 | 21528 | 4100 | 23 | 309 | 466 | 1242 | 16658 | -3818 | -203 | 33 | 347 |
| 41 | 184 | 19264 | 2260 | -143 | 393 | 466 | 1302 | 15106 | -2294 | -290 | 57 | 360 |
| 42 | -1048 | 18040 | -4644 | -325 | 27 | 509 | 1522 | 15106 | -3222 | -50 | -10 | 551 |
| 43 | -3616 | 17024 | -7856 | -241 | 105 | 468 | 1362 | 15942 | -3314 | -63 | -87 | 537 |
| 44 | -4832 | 16788 | -3480 | -138 | 213 | 495 | 1414 | 15710 | -3278 | -90 | -59 | 530 |
| 45 | -3424 | 14280 | -3628 | -16 | 278 | 501 | 1506 | 15678 | -3206 | -67 | -206 | 496 |
| 46 | -4956 | 2048 | -3500 | -60 | 152 | 487 | 1570 | 15750 | -3198 | -90 | -287 | 457 |
| 47 | -7092 | 15796 | -3480 | -92 | -325 | 480 | 1422 | 15914 | -3138 | -17 | 170 | 498 |
| 48 | -8336 | 16408 | -3628 | -130 | -409 | 485 | 1342 | 16058 | -3250 | 73 | 359 | 516 |
| 49 | -9396 | 14856 | -3748 | -140 | -76 | 538 | 2734 | 15806 | -3194 | -93 | 443 | 516 |
| 50 | -7944 | 14856 | -3488 | -117 | -19 | 490 | 3002 | 15782 | -3274 | -275 | 77 | 559 |
| 51 | -2592 | 15692 | -3520 | -140 | -357 | 454 | 2510 | 15970 | -2846 | -191 | 155 | 518 |
| 52 | 724 | 15460 | -3444 | -67 | -590 | 519 | 4370 | 16066 | -3002 | -88 | 263 | 545 |
| 53 | 1800 | 17052 | -3460 | 23 | -676 | 500 | 6294 | 15394 | -2658 | 34 | 328 | 551 |
| 54 | 2484 | 16660 | -3504 | -143 | -1083 | 526 | 8742 | 18142 | -2506 | -10 | 202 | 537 |
| 55 | 2752 | 15532 | -3612 | -325 | -857 | 535 | 10218 | 20530 | 2490 | -42 | -275 | 530 |
| 56 | 2184 | 15620 | -3504 | -241 | -68 | 505 | 6334 | 21778 | 4350 | -80 | -359 | 535 |
| 57 | 2160 | 15428 | -3456 | -138 | 763 | 473 | 434 | 19514 | 2510 | -90 | -26 | 588 |
| 58 | 2068 | 15500 | -3400 | 9 | 719 | 396 | -798 | 18290 | -4394 | -67 | 31 | 540 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|------|------|-----|-------|-------|-------|------|------|-----|
| 59 | 2644 | 15664 | -4032 | -167 | 88 | 411 | -3366 | 17274 | -7606 | 401 | -288 | 461 |
| 60 | 2252 | 16004 | -3784 | -111 | -384 | 379 | -4582 | 17038 | -3230 | 366 | -60 | 503 |
| 61 | 1780 | 16080 | -3940 | -81 | -275 | 447 | -3174 | 14530 | -3378 | 148 | 680 | 588 |
| 62 | 1300 | 16116 | -4092 | 21 | 0 | 480 | -4706 | 2298 | -3250 | -67 | 1469 | 540 |
| 63 | 1204 | 16408 | -4084 | 23 | -55 | 446 | -6842 | 17302 | -3230 | -83 | 1531 | 569 |
| 64 | 1816 | 14856 | -4092 | -143 | -493 | 407 | -8086 | 16910 | -3378 | -38 | 648 | 550 |
| 65 | 1644 | 14856 | -4036 | -325 | -621 | 448 | -9146 | 15782 | -3498 | -91 | -250 | 576 |
| 66 | 1108 | 15692 | -4028 | -241 | -382 | 466 | -7694 | 15870 | -3238 | -152 | -521 | 585 |
| 67 | 1004 | 15460 | -3968 | -138 | -295 | 466 | -2342 | 15678 | -3270 | -108 | -177 | 555 |
| 68 | 1164 | 17052 | -3980 | -16 | -280 | 509 | 974 | 15750 | -3194 | -5 | -13 | 523 |
| 69 | 1168 | 16660 | -4084 | -60 | -274 | 468 | 2050 | 15914 | -3210 | 41 | -201 | 446 |
| 70 | 1012 | 15532 | -4068 | -166 | -432 | 495 | 1262 | 16254 | -3254 | 5 | -369 | 461 |
| 71 | 1000 | 15620 | -2544 | -464 | -218 | 501 | 2434 | 15870 | -3254 | -42 | -321 | 429 |
| 72 | 1272 | 15428 | -3472 | -765 | -13 | 487 | 2410 | 15678 | -3206 | -31 | -225 | 497 |
| 73 | 1184 | 15500 | -3564 | -843 | 142 | 480 | 2318 | 15750 | -3150 | 71 | 50 | 530 |
| 74 | 1240 | 15664 | -3528 | -711 | 35 | 485 | 2894 | 15914 | -3782 | 73 | -5 | 496 |
| 75 | 1004 | 15808 | -3456 | -451 | 45 | 538 | 2502 | 16254 | -3534 | -93 | -443 | 457 |
| 76 | 992 | 15556 | -3448 | -261 | 93 | 490 | 2030 | 15106 | -3690 | -275 | -571 | 498 |
| 77 | 1052 | 15532 | -3388 | -169 | 31 | 454 | 1550 | 15942 | -3842 | -191 | -332 | 516 |
| 78 | 1272 | 15620 | -3500 | -155 | -20 | 419 | 1454 | 15710 | -3834 | -88 | -245 | 516 |
| 79 | 1112 | 15428 | -3444 | -72 | -8 | 389 | 2066 | 17302 | -3842 | 34 | -230 | 559 |
| 80 | 1164 | 15500 | -3524 | 126 | -57 | 369 | 1894 | 16910 | -3786 | -10 | -224 | 518 |
| 81 | 1256 | 15664 | -3472 | 244 | -81 | 324 | 1358 | 15782 | -2354 | -116 | -382 | 545 |
| 82 | 1320 | 16004 | -3492 | 286 | 121 | 343 | 1254 | 15870 | 2490 | -414 | -168 | 551 |
| 83 | 1172 | 16080 | -3524 | 78 | 30 | 337 | 1414 | 16134 | 4350 | -715 | 37 | 537 |
| 84 | 1872 | 15160 | -2500 | -13 | -29 | 509 | 1418 | 15702 | 2510 | -793 | 192 | 530 |
| 85 | 1924 | 15300 | -2556 | 9 | 146 | 468 | 1326 | 15902 | -4394 | -661 | 85 | 535 |
| 86 | 1816 | 15340 | -2676 | -120 | 189 | 495 | 1546 | 16110 | -7606 | -401 | 95 | 588 |
| 87 | 1728 | 15320 | -2628 | -112 | 284 | 501 | 1522 | 16058 | -3230 | -211 | 143 | 540 |
| 88 | 1748 | 15116 | -2508 | -38 | 79 | 487 | 1338 | 21142 | -3378 | -119 | 81 | 504 |
| 89 | 1752 | 15160 | -2728 | 112 | -29 | 480 | 1522 | 22530 | -3250 | -105 | 30 | 469 |
| 90 | 1724 | 15300 | -2500 | 433 | 146 | 485 | 2050 | 21778 | -3222 | -22 | 42 | 439 |
| 91 | 1560 | 15232 | -2404 | 584 | 188 | 332 | 1818 | 13210 | -3242 | 176 | -7 | 419 |
| 92 | 1704 | 15140 | -2700 | 459 | -161 | 326 | 2510 | 12654 | -3274 | 294 | -31 | 374 |
| 93 | 2260 | 15808 | -3500 | -205 | -6 | 379 | 4370 | 16330 | -3246 | 336 | 171 | 393 |
| 94 | 4120 | 20892 | -3480 | -179 | -304 | 447 | 6294 | 16366 | -2426 | -58 | 272 | 498 |
| 95 | 6044 | 22280 | -3456 | -126 | -191 | 480 | 6742 | 16298 | -2378 | -126 | 118 | 516 |
| 96 | 8492 | 21528 | -3448 | -157 | -36 | 446 | 8518 | 16390 | -2258 | -177 | 29 | 540 |
| 97 | 9968 | 15692 | -3388 | -207 | -62 | 407 | 2054 | 15570 | -2890 | -191 | -18 | 555 |
| 98 | 6084 | 15460 | -3500 | -108 | 222 | 448 | 2122 | 15366 | -2802 | 128 | 80 | 387 |
| 99 | 184 | 17052 | -3648 | -176 | 68 | 466 | 2174 | 15410 | -2846 | 86 | -48 | 540 |
| 100 | -1048 | 16660 | -3520 | -204 | -116 | 466 | 1738 | 15550 | -2506 | 179 | 180 | 569 |
| 101 | -3616 | 15532 | -3368 | -165 | -89 | 509 | 1610 | 15482 | -2854 | 334 | 239 | 550 |
| 102 | -4832 | 15620 | -3460 | 124 | -76 | 468 | 1678 | 15390 | -2926 | 419 | 334 | 576 |
| 103 | -3424 | 15428 | -3436 | 54 | -41 | 495 | 2078 | 15590 | 2237 | -80 | 5 | 497 |
| 104 | -4956 | 15500 | -3460 | -35 | -11 | 501 | 1838 | 15570 | -2334 | -154 | -66 | 516 |
| 105 | -7092 | 15664 | -3516 | -101 | -76 | 487 | 1886 | 15366 | -2338 | -115 | -39 | 559 |
| 106 | -8336 | 16004 | -2676 | -95 | 43 | 480 | 1762 | 15410 | -2410 | 174 | -26 | 518 |
| 107 | -9396 | 16080 | -2628 | -100 | 36 | 485 | 1966 | 15550 | -2250 | 104 | 9 | 545 |
| 108 | -7944 | 16116 | -2508 | -176 | -48 | 538 | 1894 | 15590 | -2306 | 15 | 39 | 551 |
| 109 | -2592 | 16408 | -2728 | -227 | -21 | 490 | 1894 | 16078 | -2426 | -51 | -26 | 537 |
| 110 | 724 | 14856 | -2500 | -315 | 57 | 454 | 1798 | 16070 | -2378 | -45 | 93 | 530 |
| 111 | 1800 | 14856 | -2404 | -325 | 67 | 419 | 1822 | 16134 | -2258 | -50 | 86 | 535 |
| 112 | 2484 | 15692 | -3388 | -299 | -6 | 389 | 1518 | 16586 | -2838 | -126 | 2 | 588 |
| 113 | 2752 | 15460 | -3500 | -351 | -22 | 369 | 1630 | 16250 | -2778 | 62 | 239 | 498 |
| 114 | 2184 | 15272 | -3648 | -107 | 51 | 324 | 1638 | 16130 | -2930 | -3 | 334 | 516 |
| 115 | 2484 | 15196 | -3520 | -201 | 56 | 343 | 1782 | 15470 | -2890 | -12 | 129 | 516 |
| 116 | 2752 | 15120 | -3368 | -405 | -36 | 337 | 1818 | 16054 | -2802 | 37 | 21 | 559 |
| 117 | 2184 | 15144 | -3460 | -253 | -17 | 297 | 2410 | 15938 | -2538 | 162 | 21 | 530 |
| 118 | 2160 | 15688 | -3436 | -340 | 7 | 310 | 2050 | 16090 | -2478 | 483 | 196 | 535 |
| 119 | 2068 | 15840 | -3460 | -100 | -60 | 501 | 2734 | 15486 | -2838 | 634 | 238 | 382 |
| 120 | 2644 | 15948 | -3028 | -113 | -137 | 487 | 3002 | 15522 | -2778 | 509 | -111 | 376 |

PERBANDINGAN DATA

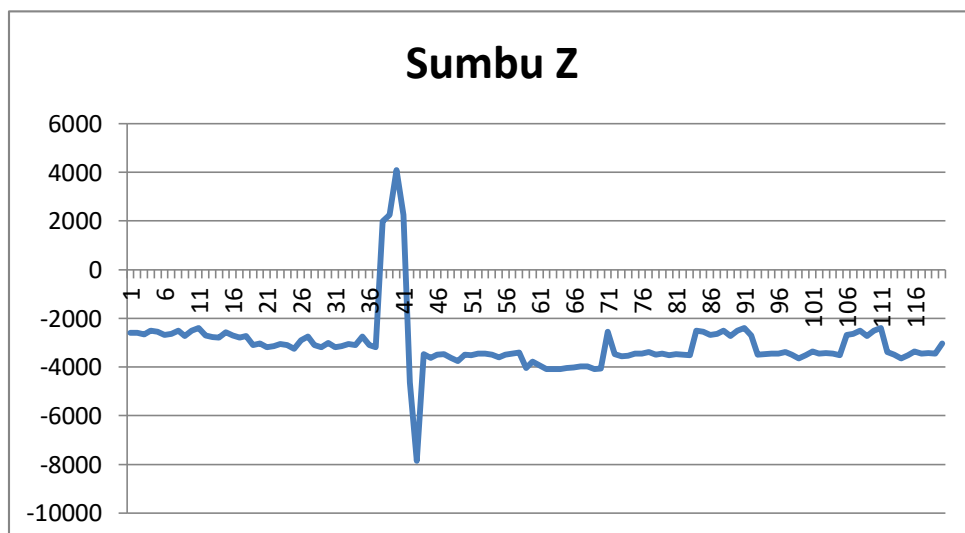
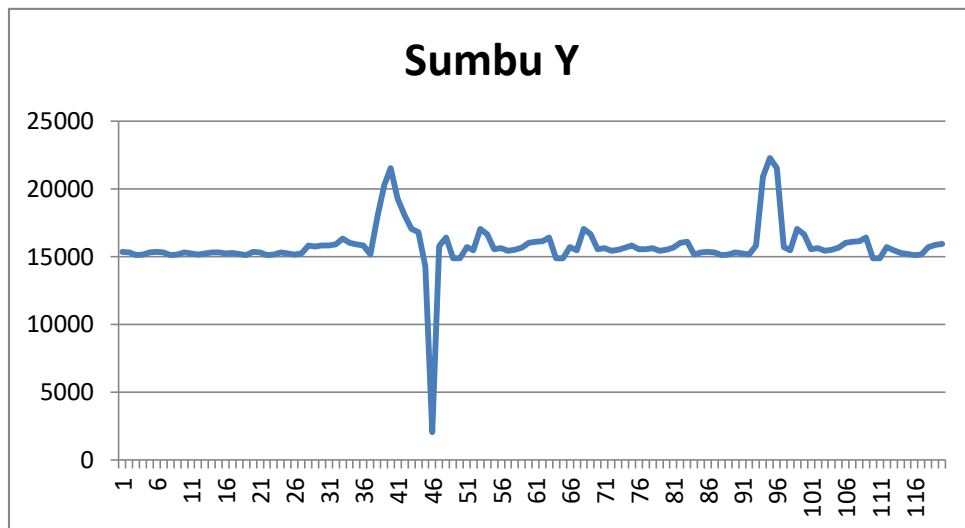
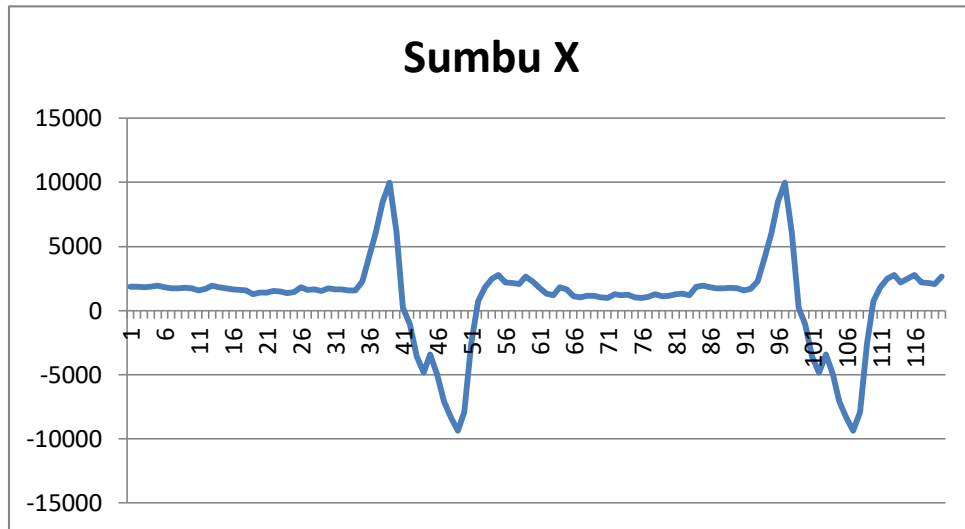
Data /1000

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|--------|--------|-----------|--------|-------|---------------|--------|--------|-----------|--------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1.856 | 15.34 | -2.584 | 0.012 | 0.189 | 0.448 | 2.066 | 15.57 | -2.478 | 0.162 | -0.245 | 0.364 |
| 2 | 1.844 | 15.32 | -2.588 | -0.053 | 0.284 | 0.466 | 1.978 | 15.366 | -2.25 | -0.149 | -0.207 | 0.373 |
| 3 | 1.804 | 15.116 | -2.66 | -0.062 | 0.079 | 0.466 | 1.998 | 15.41 | -2.154 | -0.196 | 0.808 | 0.39 |
| 4 | 1.872 | 15.16 | -2.5 | -0.013 | -0.029 | 0.509 | 2.002 | 15.55 | -2.45 | -0.076 | 0.16 | 0.403 |
| 5 | 1.924 | 15.3 | -2.556 | 0.009 | 0.146 | 0.468 | 1.974 | 15.482 | -2.518 | 0.098 | -0.068 | 0.395 |
| 6 | 1.816 | 15.34 | -2.676 | -0.12 | 0.189 | 0.495 | 1.81 | 15.39 | -2.534 | 0.022 | 0.24 | 0.365 |
| 7 | 1.728 | 15.32 | -2.628 | -0.112 | 0.284 | 0.501 | 1.954 | 15.47 | -2.33 | 0.008 | 0.193 | 0.371 |
| 8 | 1.748 | 15.116 | -2.508 | -0.038 | 0.079 | 0.487 | 2.174 | 15.558 | -2.458 | 0.201 | 0.096 | 0.339 |
| 9 | 1.752 | 15.16 | -2.728 | 0.112 | -0.029 | 0.48 | 2.066 | 15.542 | -2.538 | 0.342 | -0.03 | 0.433 |
| 10 | 1.724 | 15.3 | -2.5 | 0.433 | 0.146 | 0.485 | 1.978 | 15.486 | -2.478 | -0.09 | -0.307 | 0.504 |
| 11 | 1.56 | 15.232 | -2.404 | 0.584 | 0.188 | 0.332 | 1.91 | 15.522 | -2.854 | -0.017 | -0.54 | 0.569 |
| 12 | 1.704 | 15.14 | -2.7 | 0.459 | -0.161 | 0.326 | 1.858 | 15.446 | -2.926 | 0.073 | -0.626 | 0.55 |
| 13 | 1.924 | 15.22 | -2.768 | 0.112 | -0.295 | 0.314 | 2.106 | 15.37 | -2.758 | -0.093 | -1.033 | 0.576 |
| 14 | 1.816 | 15.308 | -2.784 | -0.199 | -0.257 | 0.323 | 2.094 | 15.59 | -2.93 | -0.275 | -0.807 | 0.585 |
| 15 | 1.728 | 15.292 | -2.58 | -0.246 | 0.758 | 0.34 | 2.054 | 15.57 | -2.89 | -0.191 | -0.018 | 0.555 |
| 16 | 1.66 | 15.236 | -2.708 | -0.126 | 0.11 | 0.353 | 2.122 | 15.366 | -2.802 | 0.128 | 0.08 | 0.387 |
| 17 | 1.608 | 15.272 | -2.788 | 0.048 | -0.118 | 0.345 | 2.174 | 15.41 | -2.846 | 0.086 | -0.048 | 0.54 |
| 18 | 1.572 | 15.196 | -2.728 | -0.028 | 0.19 | 0.315 | 1.738 | 15.55 | -2.506 | 0.179 | 0.18 | 0.569 |
| 19 | 1.268 | 15.12 | -3.088 | -0.042 | 0.143 | 0.321 | 1.61 | 15.482 | -2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.55 |
| 20 | 1.38 | 15.34 | -3.028 | 0.151 | 0.046 | 0.289 | 1.678 | 15.39 | -2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 21 | 1.388 | 15.32 | -3.18 | 0.292 | -0.08 | 0.383 | 2.078 | 15.59 | 2.237 | -0.08 | 0.005 | 0.497 |
| 22 | 1.532 | 15.116 | -3.14 | 0.351 | -0.338 | 0.411 | 1.838 | 15.57 | -2.334 | -0.154 | -0.066 | 0.516 |
| 23 | 1.488 | 15.16 | -3.052 | 0.316 | -0.11 | 0.453 | 1.886 | 15.366 | -2.338 | -0.115 | -0.039 | 0.559 |
| 24 | 1.36 | 15.3 | -3.096 | 0.098 | 0.63 | 0.538 | 1.762 | 15.41 | -2.41 | 0.174 | -0.026 | 0.518 |
| 25 | 1.428 | 15.232 | -3.252 | -0.117 | 1.419 | 0.49 | 1.966 | 15.55 | -2.25 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 26 | 1.828 | 15.14 | -2.908 | -0.133 | 1.481 | 0.519 | 1.894 | 15.59 | -2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 27 | 1.588 | 15.22 | -2.756 | -0.088 | 0.598 | 0.5 | 1.894 | 16.078 | -2.426 | -0.051 | -0.026 | 0.537 |
| 28 | 1.636 | 15.804 | -3.104 | -0.141 | -0.3 | 0.526 | 1.798 | 16.07 | -2.378 | -0.045 | 0.093 | 0.53 |
| 29 | 1.512 | 15.72 | -3.176 | -0.202 | -0.571 | 0.535 | 1.822 | 16.134 | -2.258 | -0.05 | 0.086 | 0.535 |
| 30 | 1.716 | 15.828 | -3.008 | -0.158 | -0.227 | 0.505 | 1.518 | 16.586 | -2.838 | -0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 31 | 1.644 | 15.82 | -3.18 | -0.055 | -0.063 | 0.473 | 1.63 | 16.25 | -2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 32 | 1.644 | 15.884 | -3.14 | -0.009 | -0.251 | 0.396 | 1.638 | 16.13 | -2.93 | -0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 33 | 1.548 | 16.336 | -3.052 | -0.045 | -0.419 | 0.411 | 1.782 | 15.47 | -2.89 | -0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 34 | 1.568 | 16 | -3.096 | -0.092 | -0.371 | 0.379 | 1.818 | 16.054 | -2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 35 | 2.26 | 15.88 | -2.756 | -0.13 | -0.045 | 0.447 | 1.25 | 16.33 | -3.362 | -0.249 | 0.044 | 0.439 |
| 36 | 4.12 | 15.816 | -3.104 | -0.14 | -0.109 | 0.48 | 1.522 | 16.366 | -3.778 | -0.301 | 0.028 | 0.419 |
| 37 | 6.044 | 15.144 | -3.176 | -0.117 | -0.256 | 0.446 | 1.434 | 16.658 | -3.718 | -0.057 | 0.101 | 0.374 |
| 38 | 8.492 | 17.892 | 1.987 | -0.14 | -0.337 | 0.407 | 1.49 | 15.106 | -3.73 | -0.151 | 0.106 | 0.393 |
| 39 | 9.968 | 20.28 | 2.24 | -0.067 | 0.12 | 0.448 | 1.254 | 16.046 | -3.834 | -0.355 | 0.014 | 0.387 |
| 40 | 6.084 | 21.528 | 4.1 | 0.023 | 0.309 | 0.466 | 1.242 | 16.658 | -3.818 | -0.203 | 0.033 | 0.347 |
| 41 | 0.184 | 19.264 | 2.26 | -0.143 | 0.393 | 0.466 | 1.302 | 15.106 | -2.294 | -0.29 | 0.057 | 0.36 |
| 42 | -1.048 | 18.04 | -4.644 | -0.325 | 0.027 | 0.509 | 1.522 | 15.106 | -3.222 | -0.05 | -0.01 | 0.551 |
| 43 | -3.616 | 17.024 | -7.856 | -0.241 | 0.105 | 0.468 | 1.362 | 15.942 | -3.314 | -0.063 | -0.087 | 0.537 |
| 44 | -4.832 | 16.788 | -3.48 | -0.138 | 0.213 | 0.495 | 1.414 | 15.71 | -3.278 | -0.09 | -0.059 | 0.53 |
| 45 | -3.424 | 14.28 | -3.628 | -0.016 | 0.278 | 0.501 | 1.506 | 15.678 | -3.206 | -0.067 | -0.206 | 0.496 |
| 46 | -4.956 | 2.048 | -3.5 | -0.06 | 0.152 | 0.487 | 1.57 | 15.75 | -3.198 | -0.09 | -0.287 | 0.457 |
| 47 | -7.092 | 15.796 | -3.48 | -0.092 | -0.325 | 0.48 | 1.422 | 15.914 | -3.138 | -0.017 | 0.17 | 0.498 |
| 48 | -8.336 | 16.408 | -3.628 | -0.13 | -0.409 | 0.485 | 1.342 | 16.058 | -3.25 | 0.073 | 0.359 | 0.516 |
| 49 | -9.396 | 14.856 | -3.748 | -0.14 | -0.076 | 0.538 | 2.734 | 15.806 | -3.194 | -0.093 | 0.443 | 0.516 |
| 50 | -7.944 | 14.856 | -3.488 | -0.117 | -0.019 | 0.49 | 3.002 | 15.782 | -3.274 | -0.275 | 0.077 | 0.559 |
| 51 | -2.592 | 15.692 | -3.52 | -0.14 | -0.357 | 0.454 | 2.51 | 15.97 | -2.846 | -0.191 | 0.155 | 0.518 |
| 52 | 0.724 | 15.46 | -3.444 | -0.067 | -0.59 | 0.519 | 4.37 | 16.066 | -3.002 | -0.088 | 0.263 | 0.545 |
| 53 | 1.8 | 17.052 | -3.46 | 0.023 | -0.676 | 0.5 | 6.294 | 15.394 | -2.658 | 0.034 | 0.328 | 0.551 |
| 54 | 2.484 | 16.66 | -3.504 | -0.143 | -1.083 | 0.526 | 8.742 | 18.142 | -2.506 | -0.01 | 0.202 | 0.537 |
| 55 | 2.752 | 15.532 | -3.612 | -0.325 | -0.857 | 0.535 | 10.218 | 20.53 | 2.49 | -0.042 | -0.275 | 0.53 |
| 56 | 2.184 | 15.62 | -3.504 | -0.241 | -0.068 | 0.505 | 6.334 | 21.778 | 4.35 | -0.08 | -0.359 | 0.535 |
| 57 | 2.16 | 15.428 | -3.456 | -0.138 | 0.763 | 0.473 | 0.434 | 19.514 | 2.51 | -0.09 | -0.026 | 0.588 |
| 58 | 2.068 | 15.5 | -3.4 | 0.009 | 0.719 | 0.396 | -0.798 | 18.29 | -4.394 | -0.067 | 0.031 | 0.54 |
| 59 | 2.644 | 15.664 | -4.032 | -0.167 | 0.088 | 0.411 | -3.366 | 17.274 | -7.606 | 0.401 | -0.288 | 0.461 |
| 60 | 2.252 | 16.004 | -3.784 | -0.111 | -0.384 | 0.379 | -4.582 | 17.038 | -3.23 | 0.366 | -0.06 | 0.503 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 61 | 1.78 | 16.08 | -3.94 | -0.081 | -0.275 | 0.447 | -3.174 | 14.53 | -3.378 | 0.148 | 0.68 | 0.588 |
| 62 | 1.3 | 16.116 | -4.092 | 0.021 | 0 | 0.48 | -4.706 | 2.298 | -3.25 | -0.067 | 1.469 | 0.54 |
| 63 | 1.204 | 16.408 | -4.084 | 0.023 | -0.055 | 0.446 | -6.842 | 17.302 | -3.23 | -0.083 | 1.531 | 0.569 |
| 64 | 1.816 | 14.856 | -4.092 | -0.143 | -0.493 | 0.407 | -8.086 | 16.91 | -3.378 | -0.038 | 0.648 | 0.55 |
| 65 | 1.644 | 14.856 | -4.036 | -0.325 | -0.621 | 0.448 | -9.146 | 15.782 | -3.498 | -0.091 | -0.25 | 0.576 |
| 66 | 1.108 | 15.692 | -4.028 | -0.241 | -0.382 | 0.466 | -7.694 | 15.87 | -3.238 | -0.152 | -0.521 | 0.585 |
| 67 | 1.004 | 15.46 | -3.968 | -0.138 | -0.295 | 0.466 | -2.342 | 15.678 | -3.27 | -0.108 | -0.177 | 0.555 |
| 68 | 1.164 | 17.052 | -3.98 | -0.016 | -0.28 | 0.509 | 0.974 | 15.75 | -3.194 | -0.005 | -0.013 | 0.523 |
| 69 | 1.168 | 16.66 | -4.084 | -0.06 | -0.274 | 0.468 | 2.05 | 15.914 | -3.21 | 0.041 | -0.201 | 0.446 |
| 70 | 1.012 | 15.532 | -4.068 | -0.166 | -0.432 | 0.495 | 1.262 | 16.254 | -3.254 | 0.005 | -0.369 | 0.461 |
| 71 | 1 | 15.62 | -2.544 | -0.464 | -0.218 | 0.501 | 2.434 | 15.87 | -3.254 | -0.042 | -0.321 | 0.429 |
| 72 | 1.272 | 15.428 | -3.472 | -0.765 | -0.013 | 0.487 | 2.41 | 15.678 | -3.206 | -0.031 | -0.225 | 0.497 |
| 73 | 1.184 | 15.5 | -3.564 | -0.843 | 0.142 | 0.48 | 2.318 | 15.75 | -3.15 | 0.071 | 0.05 | 0.53 |
| 74 | 1.24 | 15.664 | -3.528 | -0.711 | 0.035 | 0.485 | 2.894 | 15.914 | -3.782 | 0.073 | -0.005 | 0.496 |
| 75 | 1.004 | 15.808 | -3.456 | -0.451 | 0.045 | 0.538 | 2.502 | 16.254 | -3.534 | -0.093 | -0.443 | 0.457 |
| 76 | 0.992 | 15.556 | -3.448 | -0.261 | 0.093 | 0.49 | 2.03 | 15.106 | -3.69 | -0.275 | -0.571 | 0.498 |
| 77 | 1.052 | 15.532 | -3.388 | -0.169 | 0.031 | 0.454 | 1.55 | 15.942 | -3.842 | -0.191 | -0.332 | 0.516 |
| 78 | 1.272 | 15.62 | -3.5 | -0.155 | -0.02 | 0.419 | 1.454 | 15.71 | -3.834 | -0.088 | -0.245 | 0.516 |
| 79 | 1.112 | 15.428 | -3.444 | -0.072 | -0.008 | 0.389 | 2.066 | 17.302 | -3.842 | 0.034 | -0.23 | 0.559 |
| 80 | 1.164 | 15.5 | -3.524 | 0.126 | -0.057 | 0.369 | 1.894 | 16.91 | -3.786 | -0.01 | -0.224 | 0.518 |
| 81 | 1.256 | 15.664 | -3.472 | 0.244 | -0.081 | 0.324 | 1.358 | 15.782 | -2.354 | -0.116 | -0.382 | 0.545 |
| 82 | 1.32 | 16.004 | -3.492 | 0.286 | 0.121 | 0.343 | 1.254 | 15.87 | 2.49 | -0.414 | -0.168 | 0.551 |
| 83 | 1.172 | 16.08 | -3.524 | 0.078 | 0.03 | 0.337 | 1.414 | 16.134 | 4.35 | -0.715 | 0.037 | 0.537 |
| 84 | 1.872 | 15.16 | -2.5 | -0.013 | -0.029 | 0.509 | 1.418 | 15.702 | 2.51 | -0.793 | 0.192 | 0.53 |
| 85 | 1.924 | 15.3 | -2.556 | 0.009 | 0.146 | 0.468 | 1.326 | 15.902 | -4.394 | -0.661 | 0.085 | 0.535 |
| 86 | 1.816 | 15.34 | -2.676 | -0.12 | 0.189 | 0.495 | 1.546 | 16.11 | -7.606 | -0.401 | 0.095 | 0.588 |
| 87 | 1.728 | 15.32 | -2.628 | -0.112 | 0.284 | 0.501 | 1.522 | 16.058 | -3.23 | -0.211 | 0.143 | 0.54 |
| 88 | 1.748 | 15.116 | -2.508 | -0.038 | 0.079 | 0.487 | 1.338 | 21.142 | -3.378 | -0.119 | 0.081 | 0.504 |
| 89 | 1.752 | 15.16 | -2.728 | 0.112 | -0.029 | 0.48 | 1.522 | 22.53 | -3.25 | -0.105 | 0.03 | 0.469 |
| 90 | 1.724 | 15.3 | -2.5 | 0.433 | 0.146 | 0.485 | 2.05 | 21.778 | -3.222 | -0.022 | 0.042 | 0.439 |
| 91 | 1.56 | 15.232 | -2.404 | 0.584 | 0.188 | 0.332 | 1.818 | 13.21 | -3.242 | 0.176 | -0.007 | 0.419 |
| 92 | 1.704 | 15.14 | -2.7 | 0.459 | -0.161 | 0.326 | 2.51 | 12.654 | -3.274 | 0.294 | -0.031 | 0.374 |
| 93 | 2.26 | 15.808 | -3.5 | -0.205 | -0.006 | 0.379 | 4.37 | 16.33 | -3.246 | 0.336 | 0.171 | 0.393 |
| 94 | 4.12 | 20.892 | -3.48 | -0.179 | -0.304 | 0.447 | 6.294 | 16.366 | -2.426 | -0.058 | 0.272 | 0.498 |
| 95 | 6.044 | 22.28 | -3.456 | -0.126 | -0.191 | 0.48 | 6.742 | 16.298 | -2.378 | -0.126 | 0.118 | 0.516 |
| 96 | 8.492 | 21.528 | -3.448 | -0.157 | -0.036 | 0.446 | 8.518 | 16.39 | -2.258 | -0.177 | 0.029 | 0.54 |
| 97 | 9.968 | 15.692 | -3.388 | -0.207 | -0.062 | 0.407 | 2.054 | 15.57 | -2.89 | -0.191 | -0.018 | 0.555 |
| 98 | 6.084 | 15.46 | -3.5 | -0.108 | 0.222 | 0.448 | 2.122 | 15.366 | -2.802 | 0.128 | 0.08 | 0.387 |
| 99 | 0.184 | 17.052 | -3.648 | -0.176 | 0.068 | 0.466 | 2.174 | 15.41 | -2.846 | 0.086 | -0.048 | 0.54 |
| 100 | -1.048 | 16.66 | -3.52 | -0.204 | -0.116 | 0.466 | 1.738 | 15.55 | -2.506 | 0.179 | 0.18 | 0.569 |
| 101 | -3.616 | 15.532 | -3.368 | -0.165 | -0.089 | 0.509 | 1.61 | 15.482 | -2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.55 |
| 102 | -4.832 | 15.62 | -3.46 | 0.124 | -0.076 | 0.468 | 1.678 | 15.39 | -2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 103 | -3.424 | 15.428 | -3.436 | 0.054 | -0.041 | 0.495 | 2.078 | 15.59 | 2.237 | -0.08 | 0.005 | 0.497 |
| 104 | -4.956 | 15.5 | -3.46 | -0.035 | -0.011 | 0.501 | 1.838 | 15.57 | -2.334 | -0.154 | -0.066 | 0.516 |
| 105 | -7.092 | 15.664 | -3.516 | -0.101 | -0.076 | 0.487 | 1.886 | 15.366 | -2.338 | -0.115 | -0.039 | 0.559 |
| 106 | -8.336 | 16.004 | -2.676 | -0.095 | 0.043 | 0.48 | 1.762 | 15.41 | -2.41 | 0.174 | -0.026 | 0.518 |
| 107 | -9.396 | 16.08 | -2.628 | -0.1 | 0.036 | 0.485 | 1.966 | 15.55 | -2.25 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 108 | -7.944 | 16.116 | -2.508 | -0.176 | -0.048 | 0.538 | 1.894 | 15.59 | -2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 109 | -2.592 | 16.408 | -2.728 | -0.227 | -0.021 | 0.49 | 1.894 | 16.078 | -2.426 | -0.051 | -0.026 | 0.537 |
| 110 | 0.724 | 14.856 | -2.5 | -0.315 | 0.057 | 0.454 | 1.798 | 16.07 | -2.378 | -0.045 | 0.093 | 0.53 |
| 111 | 1.8 | 14.856 | -2.404 | -0.325 | 0.067 | 0.419 | 1.822 | 16.134 | -2.258 | -0.05 | 0.086 | 0.535 |
| 112 | 2.484 | 15.692 | -3.388 | -0.299 | -0.006 | 0.389 | 1.518 | 16.586 | -2.838 | -0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 113 | 2.752 | 15.46 | -3.5 | -0.351 | -0.022 | 0.369 | 1.63 | 16.25 | -2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 114 | 2.184 | 15.272 | -3.648 | -0.107 | 0.051 | 0.324 | 1.638 | 16.13 | -2.93 | -0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 115 | 2.484 | 15.196 | -3.52 | -0.201 | 0.056 | 0.343 | 1.782 | 15.47 | -2.89 | -0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 116 | 2.752 | 15.12 | -3.368 | -0.405 | -0.036 | 0.337 | 1.818 | 16.054 | -2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 117 | 2.184 | 15.144 | -3.46 | -0.253 | -0.017 | 0.297 | 2.41 | 15.938 | -2.538 | 0.162 | 0.021 | 0.53 |
| 118 | 2.16 | 15.688 | -3.436 | -0.34 | 0.007 | 0.31 | 2.05 | 16.09 | -2.478 | 0.483 | 0.196 | 0.535 |
| 119 | 2.068 | 15.84 | -3.46 | -0.1 | -0.06 | 0.501 | 2.734 | 15.486 | -2.838 | 0.634 | 0.238 | 0.382 |
| 120 | 2.644 | 15.948 | -3.028 | -0.113 | -0.137 | 0.487 | 3.002 | 15.522 | -2.778 | 0.509 | -0.111 | 0.376 |

DATA SIMULASI BENAR 1

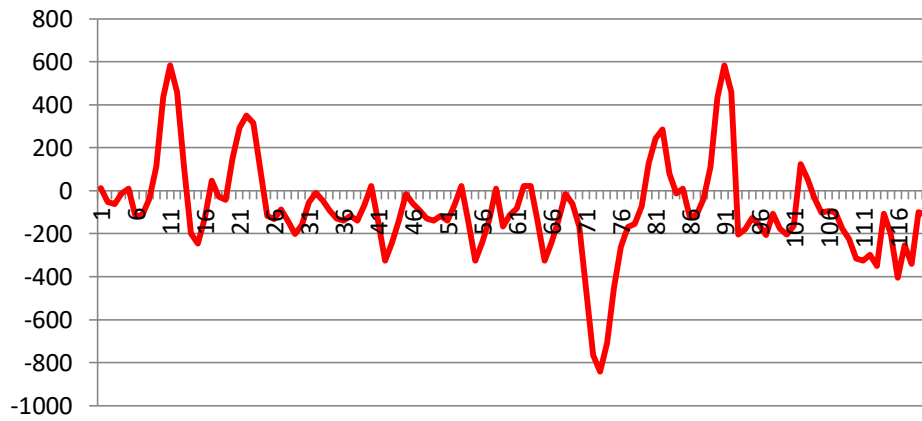
ACCELEROMETER



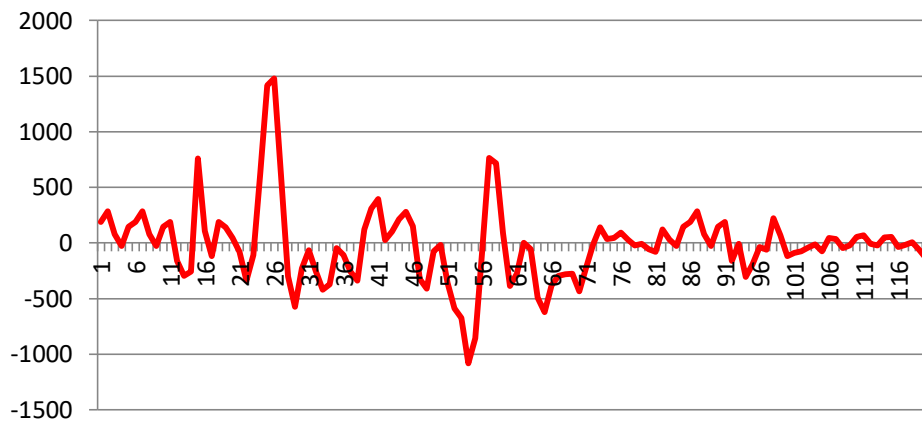
DATA SIMULASI BENAR 1

GYROSCOPE

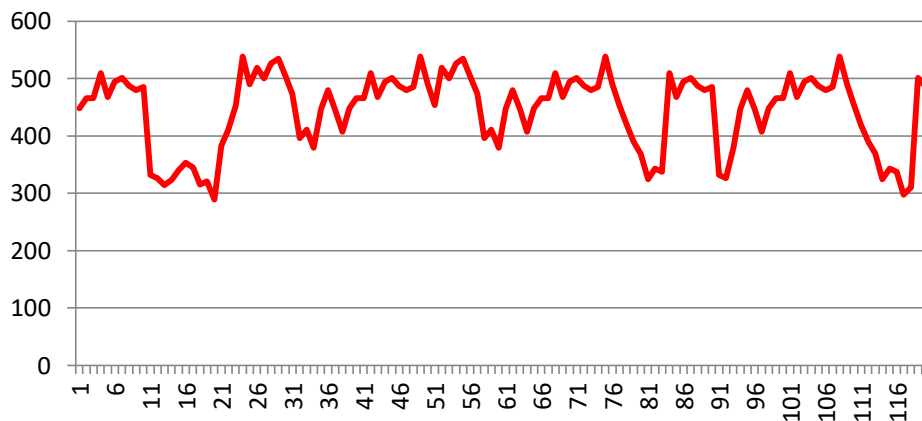
Sumbu X



Sumbu Y

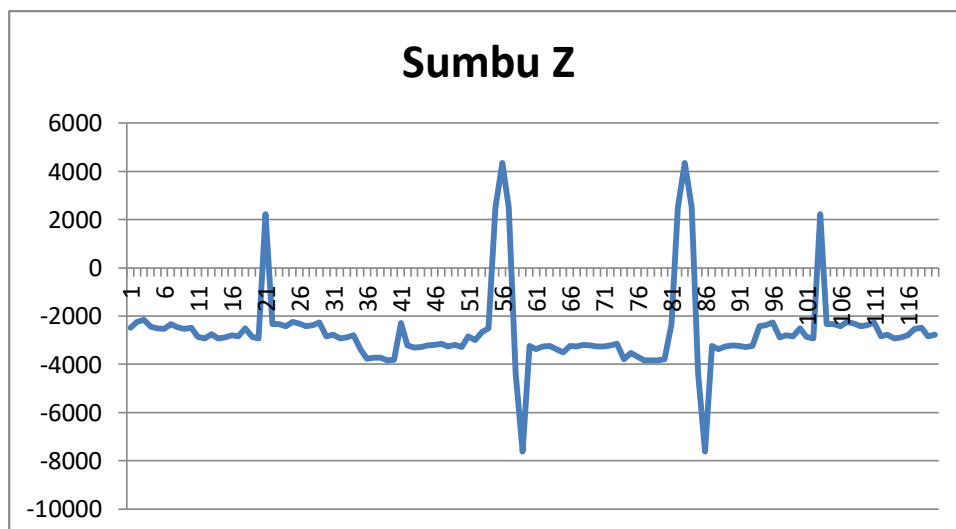
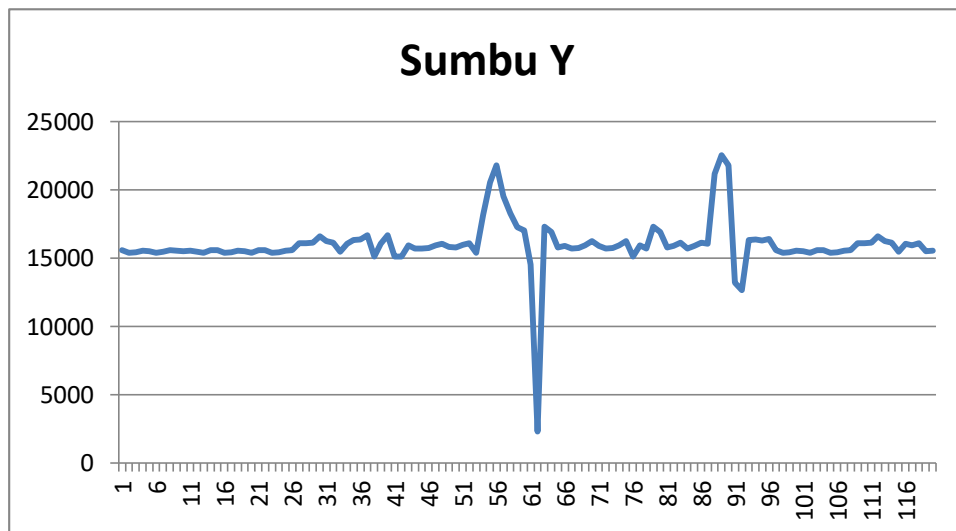
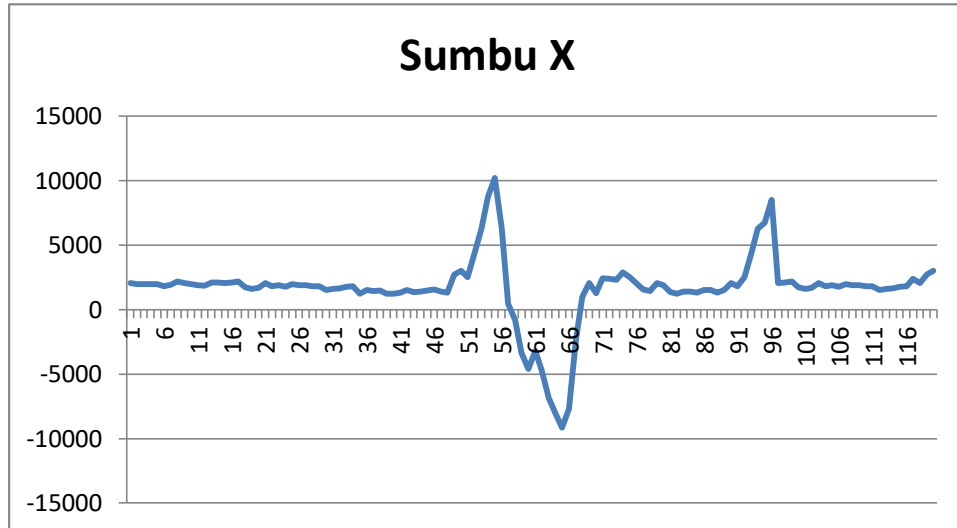


Sumbu Z



DATA SIMULASI BENAR 2

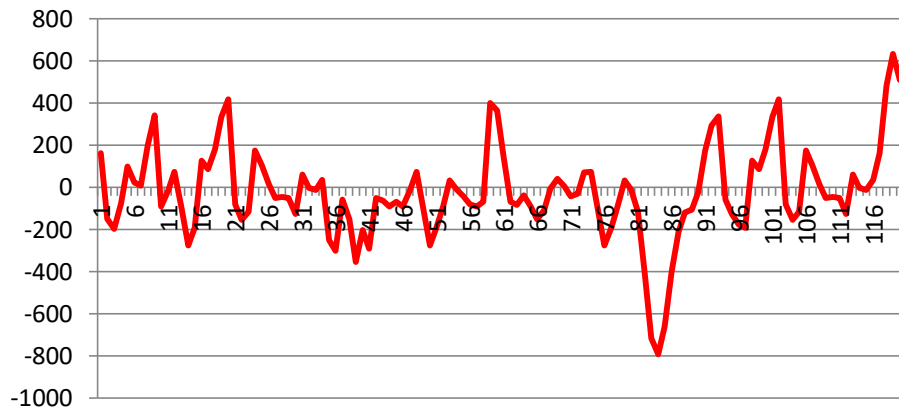
ACCELEROMETER



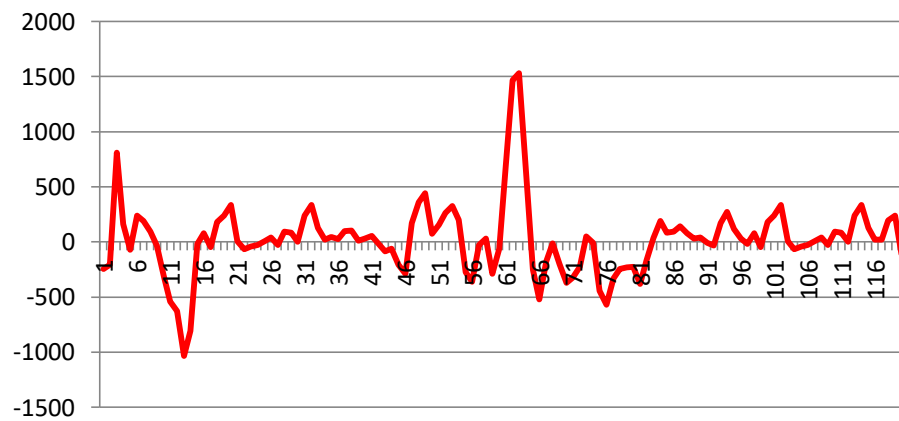
DATA SIMULASI BENAR 2

GYROSCOPE

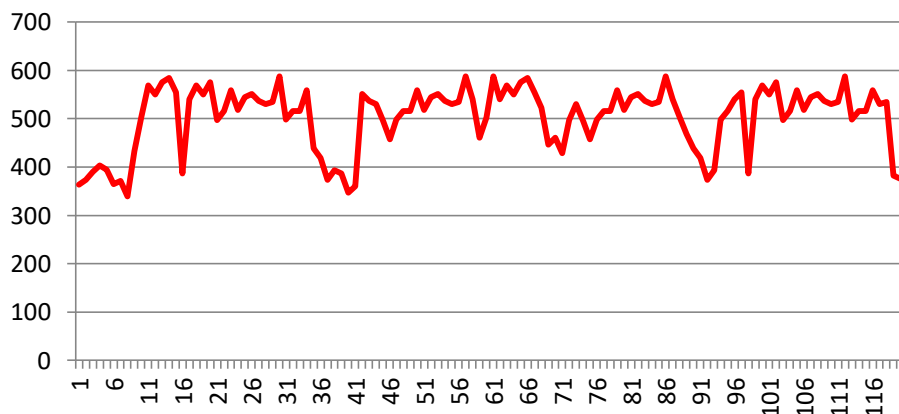
Sumbu X



Sumbu Y



Sumbu Z



| No. | ERROR | | | | | | ERROR KUADRAT | | | | | |
|-----|---------------|--------|--------|-----------|--------|--------|---------------|---------|--------|-----------|-------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | -0.21 | -0.23 | -0.106 | -0.15 | 0.434 | 0.084 | 0.044 | 0.053 | 0.011 | 0.023 | 0.188 | 0.007 |
| 2 | -0.134 | -0.046 | -0.338 | 0.096 | 0.491 | 0.093 | 0.018 | 0.002 | 0.114 | 0.009 | 0.241 | 0.009 |
| 3 | -0.194 | -0.294 | -0.506 | 0.134 | -0.729 | 0.076 | 0.038 | 0.086 | 0.256 | 0.018 | 0.531 | 0.006 |
| 4 | -0.13 | -0.39 | -0.05 | 0.063 | -0.189 | 0.106 | 0.017 | 0.152 | 0.002 | 0.004 | 0.036 | 0.011 |
| 5 | -0.05 | -0.182 | -0.038 | -0.089 | 0.214 | 0.073 | 0.003 | 0.033 | 0.001 | 0.008 | 0.046 | 0.005 |
| 6 | 0.006 | -0.05 | -0.142 | -0.142 | -0.051 | 0.13 | 0.000 | 0.003 | 0.020 | 0.020 | 0.003 | 0.017 |
| 7 | -0.226 | -0.15 | -0.298 | -0.12 | 0.091 | 0.13 | 0.051 | 0.023 | 0.089 | 0.014 | 0.008 | 0.017 |
| 8 | -0.426 | -0.442 | -0.05 | -0.239 | -0.017 | 0.148 | 0.181 | 0.195 | 0.002 | 0.057 | 0.000 | 0.022 |
| 9 | -0.314 | -0.382 | -0.19 | -0.23 | 0.001 | 0.047 | 0.099 | 0.146 | 0.036 | 0.053 | 0.000 | 0.002 |
| 10 | -0.254 | -0.186 | -0.022 | 0.523 | 0.453 | -0.019 | 0.065 | 0.035 | 0.000 | 0.274 | 0.205 | 0.000 |
| 11 | -0.35 | -0.29 | 0.45 | 0.601 | 0.728 | -0.237 | 0.123 | 0.084 | 0.203 | 0.361 | 0.530 | 0.056 |
| 12 | -0.154 | -0.306 | 0.226 | 0.386 | 0.465 | -0.224 | 0.024 | 0.094 | 0.051 | 0.149 | 0.216 | 0.050 |
| 13 | -0.182 | -0.15 | -0.01 | 0.205 | 0.738 | -0.262 | 0.033 | 0.022 | 0.000 | 0.042 | 0.545 | 0.069 |
| 14 | -0.278 | -0.282 | 0.146 | 0.076 | 0.55 | -0.262 | 0.077 | 0.080 | 0.021 | 0.006 | 0.303 | 0.069 |
| 15 | -0.326 | -0.278 | 0.31 | -0.055 | 0.776 | -0.215 | 0.106 | 0.077 | 0.096 | 0.003 | 0.602 | 0.046 |
| 16 | -0.462 | -0.13 | 0.094 | -0.254 | 0.03 | -0.034 | 0.213 | 0.017 | 0.009 | 0.065 | 0.001 | 0.001 |
| 17 | -0.566 | -0.138 | 0.058 | -0.038 | -0.07 | -0.195 | 0.320 | 0.019 | 0.003 | 0.001 | 0.005 | 0.038 |
| 18 | -0.166 | -0.354 | -0.222 | -0.207 | 0.01 | -0.254 | 0.028 | 0.125 | 0.049 | 0.043 | 0.000 | 0.065 |
| 19 | -0.342 | -0.362 | -0.234 | -0.376 | -0.096 | -0.229 | 0.117 | 0.131 | 0.055 | 0.141 | 0.009 | 0.052 |
| 20 | -0.298 | -0.05 | -0.102 | -0.268 | -0.288 | -0.287 | 0.089 | 0.003 | 0.010 | 0.072 | 0.083 | 0.082 |
| 21 | -0.69 | -0.27 | -5.417 | 0.372 | -0.085 | -0.114 | 0.476 | 0.073 | 29.344 | 0.138 | 0.007 | 0.013 |
| 22 | -0.306 | -0.454 | -0.806 | 0.505 | -0.272 | -0.105 | 0.094 | 0.206 | 0.650 | 0.255 | 0.074 | 0.011 |
| 23 | -0.398 | -0.206 | -0.714 | 0.431 | -0.071 | -0.106 | 0.158 | 0.042 | 0.510 | 0.186 | 0.005 | 0.011 |
| 24 | -0.402 | -0.11 | -0.686 | -0.076 | 0.656 | 0.02 | 0.162 | 0.012 | 0.471 | 0.006 | 0.430 | 0.000 |
| 25 | -0.538 | -0.318 | -1.002 | -0.221 | 1.41 | -0.055 | 0.289 | 0.101 | 1.004 | 0.049 | 1.988 | 0.003 |
| 26 | -0.066 | -0.45 | -0.602 | -0.148 | 1.442 | -0.032 | 0.004 | 0.202 | 0.362 | 0.022 | 2.079 | 0.001 |
| 27 | -0.306 | -0.858 | -0.33 | -0.037 | 0.624 | -0.037 | 0.094 | 0.736 | 0.109 | 0.001 | 0.389 | 0.001 |
| 28 | -0.162 | -0.266 | -0.726 | -0.096 | -0.393 | -0.004 | 0.026 | 0.071 | 0.527 | 0.009 | 0.154 | 0.000 |
| 29 | -0.31 | -0.414 | -0.918 | -0.152 | -0.657 | 0 | 0.096 | 0.171 | 0.843 | 0.023 | 0.432 | 0.000 |
| 30 | 0.198 | -0.758 | -0.17 | -0.032 | -0.229 | -0.083 | 0.039 | 0.575 | 0.029 | 0.001 | 0.052 | 0.007 |
| 31 | 0.014 | -0.43 | -0.402 | -0.117 | -0.302 | -0.025 | 0.000 | 0.185 | 0.162 | 0.014 | 0.091 | 0.001 |
| 32 | 0.006 | -0.246 | -0.21 | -0.006 | -0.585 | -0.12 | 0.000 | 0.061 | 0.044 | 0.000 | 0.342 | 0.014 |
| 33 | -0.234 | 0.866 | -0.162 | -0.033 | -0.548 | -0.105 | 0.055 | 0.750 | 0.026 | 0.001 | 0.300 | 0.011 |
| 34 | -0.25 | -0.054 | -0.294 | -0.129 | -0.392 | -0.18 | 0.063 | 0.003 | 0.086 | 0.017 | 0.154 | 0.032 |
| 35 | 1.01 | -0.45 | 0.606 | 0.119 | -0.089 | 0.008 | 1.020 | 0.202 | 0.367 | 0.014 | 0.008 | 0.000 |
| 36 | 2.598 | -0.55 | 0.674 | 0.161 | -0.137 | 0.061 | 6.750 | 0.302 | 0.454 | 0.026 | 0.019 | 0.004 |
| 37 | 4.61 | -1.514 | 0.542 | -0.06 | -0.357 | 0.072 | 21.252 | 2.292 | 0.294 | 0.004 | 0.127 | 0.005 |
| 38 | 7.002 | 2.786 | 5.717 | 0.011 | -0.443 | 0.014 | 49.028 | 7.762 | 32.684 | 0.000 | 0.196 | 0.000 |
| 39 | 8.714 | 4.234 | 6.074 | 0.288 | 0.106 | 0.061 | 75.934 | 17.927 | 36.893 | 0.083 | 0.011 | 0.004 |
| 40 | 4.842 | 4.87 | 7.918 | 0.226 | 0.276 | 0.119 | 23.445 | 23.717 | 62.695 | 0.051 | 0.076 | 0.014 |
| 41 | -1.118 | 4.158 | 4.554 | 0.147 | 0.336 | 0.106 | 1.250 | 17.289 | 20.739 | 0.022 | 0.113 | 0.011 |
| 42 | -2.57 | 2.934 | -1.422 | -0.275 | 0.037 | -0.042 | 6.605 | 8.608 | 2.022 | 0.076 | 0.001 | 0.002 |
| 43 | -4.978 | 1.082 | -4.542 | -0.178 | 0.192 | -0.069 | 24.780 | 1.171 | 20.630 | 0.032 | 0.037 | 0.005 |
| 44 | -6.246 | 1.078 | -0.202 | -0.048 | 0.272 | -0.035 | 39.013 | 1.162 | 0.041 | 0.002 | 0.074 | 0.001 |
| 45 | -4.93 | -1.398 | -0.422 | 0.051 | 0.484 | 0.005 | 24.305 | 1.954 | 0.178 | 0.003 | 0.234 | 0.000 |
| 46 | -6.526 | -13.7 | -0.302 | 0.03 | 0.439 | 0.03 | 42.589 | 187.745 | 0.091 | 0.001 | 0.193 | 0.001 |
| 47 | -8.514 | -0.118 | -0.342 | -0.075 | -0.495 | -0.018 | 72.488 | 0.014 | 0.117 | 0.006 | 0.245 | 0.000 |
| 48 | -9.678 | 0.35 | -0.378 | -0.203 | -0.768 | -0.031 | 93.664 | 0.123 | 0.143 | 0.041 | 0.590 | 0.001 |
| 49 | -12.13 | -0.95 | -0.554 | -0.047 | -0.519 | 0.022 | 147.137 | 0.902 | 0.307 | 0.002 | 0.269 | 0.000 |
| 50 | -10.95 | -0.926 | -0.214 | 0.158 | -0.096 | -0.069 | 119.815 | 0.857 | 0.046 | 0.025 | 0.009 | 0.005 |
| 51 | -5.102 | -0.278 | -0.674 | 0.051 | -0.512 | -0.064 | 26.030 | 0.077 | 0.454 | 0.003 | 0.262 | 0.004 |
| 52 | -3.646 | -0.606 | -0.442 | 0.021 | -0.853 | -0.026 | 13.293 | 0.367 | 0.195 | 0.000 | 0.728 | 0.001 |
| 53 | -4.494 | 1.658 | -0.802 | -0.011 | -1.004 | -0.051 | 20.196 | 2.749 | 0.643 | 0.000 | 1.008 | 0.003 |
| 54 | -6.258 | -1.482 | -0.998 | -0.133 | -1.285 | -0.011 | 39.163 | 2.196 | 0.996 | 0.018 | 1.651 | 0.000 |
| 55 | -7.466 | -4.998 | -6.102 | -0.283 | -0.582 | 0.005 | 55.741 | 24.980 | 37.234 | 0.080 | 0.339 | 0.000 |
| 56 | -4.15 | -6.158 | -7.854 | -0.161 | 0.291 | -0.03 | 17.223 | 37.921 | 61.685 | 0.026 | 0.085 | 0.001 |
| 57 | 1.726 | -4.086 | -5.966 | -0.048 | 0.789 | -0.115 | 2.979 | 16.695 | 35.593 | 0.002 | 0.623 | 0.013 |
| 58 | 2.866 | -2.79 | 0.994 | 0.076 | 0.688 | -0.144 | 8.214 | 7.784 | 0.988 | 0.006 | 0.473 | 0.021 |
| 59 | 6.01 | -1.61 | 3.574 | -0.568 | 0.376 | -0.05 | 36.120 | 2.592 | 12.773 | 0.323 | 0.141 | 0.003 |
| 60 | 6.834 | -1.034 | -0.554 | -0.477 | -0.324 | -0.124 | 46.704 | 1.069 | 0.307 | 0.228 | 0.105 | 0.015 |
| 61 | 4.954 | 1.55 | -0.562 | -0.229 | -0.955 | -0.141 | 24.542 | 2.403 | 0.316 | 0.052 | 0.912 | 0.020 |
| 62 | 6.006 | 13.818 | -0.842 | 0.088 | -1.469 | -0.06 | 36.072 | 190.937 | 0.709 | 0.008 | 2.158 | 0.004 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|
| 63 | 8.046 | -0.894 | -0.854 | 0.106 | -1.586 | -0.123 | 64.738 | 0.799 | 0.729 | 0.011 | 2.515 | 0.015 |
| 64 | 9.902 | -2.054 | -0.714 | -0.105 | -1.141 | -0.143 | 98.050 | 4.219 | 0.510 | 0.011 | 1.302 | 0.020 |
| 65 | 10.79 | -0.926 | -0.538 | -0.234 | -0.371 | -0.128 | 116.424 | 0.857 | 0.289 | 0.055 | 0.138 | 0.016 |
| 66 | 8.802 | -0.178 | -0.79 | -0.089 | 0.139 | -0.119 | 77.475 | 0.032 | 0.624 | 0.008 | 0.019 | 0.014 |
| 67 | 3.346 | -0.218 | -0.698 | -0.03 | -0.118 | -0.089 | 11.196 | 0.048 | 0.487 | 0.001 | 0.014 | 0.008 |
| 68 | 0.19 | 1.302 | -0.786 | -0.011 | -0.267 | -0.014 | 0.036 | 1.695 | 0.618 | 0.000 | 0.071 | 0.000 |
| 69 | -0.882 | 0.746 | -0.874 | -0.101 | -0.073 | 0.022 | 0.778 | 0.557 | 0.764 | 0.010 | 0.005 | 0.000 |
| 70 | -0.25 | -0.722 | -0.814 | -0.171 | -0.063 | 0.034 | 0.063 | 0.521 | 0.663 | 0.029 | 0.004 | 0.001 |
| 71 | -1.434 | -0.25 | 0.71 | -0.422 | 0.103 | 0.072 | 2.056 | 0.063 | 0.504 | 0.178 | 0.011 | 0.005 |
| 72 | -1.138 | -0.25 | -0.266 | -0.734 | 0.212 | -0.01 | 1.295 | 0.063 | 0.071 | 0.539 | 0.045 | 0.000 |
| 73 | -1.134 | -0.25 | -0.414 | -0.914 | 0.092 | -0.05 | 1.286 | 0.063 | 0.171 | 0.835 | 0.008 | 0.003 |
| 74 | -1.654 | -0.25 | 0.254 | -0.784 | 0.04 | -0.011 | 2.736 | 0.063 | 0.065 | 0.615 | 0.002 | 0.000 |
| 75 | -1.498 | -0.446 | 0.078 | -0.358 | 0.488 | 0.081 | 2.244 | 0.199 | 0.006 | 0.128 | 0.238 | 0.007 |
| 76 | -1.038 | 0.45 | 0.242 | 0.014 | 0.664 | -0.008 | 1.077 | 0.202 | 0.059 | 0.000 | 0.441 | 0.000 |
| 77 | -0.498 | -0.41 | 0.454 | 0.022 | 0.363 | -0.062 | 0.248 | 0.168 | 0.206 | 0.000 | 0.132 | 0.004 |
| 78 | -0.182 | -0.09 | 0.334 | -0.067 | 0.225 | -0.097 | 0.033 | 0.008 | 0.112 | 0.004 | 0.051 | 0.009 |
| 79 | -0.954 | -1.874 | 0.398 | -0.106 | 0.222 | -0.17 | 0.910 | 3.512 | 0.158 | 0.011 | 0.049 | 0.029 |
| 80 | -0.73 | -1.41 | 0.262 | 0.136 | 0.167 | -0.149 | 0.533 | 1.988 | 0.069 | 0.018 | 0.028 | 0.022 |
| 81 | -0.102 | -0.118 | -1.118 | 0.36 | 0.301 | -0.221 | 0.010 | 0.014 | 1.250 | 0.130 | 0.091 | 0.049 |
| 82 | 0.066 | 0.134 | -5.982 | 0.7 | 0.289 | -0.208 | 0.004 | 0.018 | 35.784 | 0.490 | 0.084 | 0.043 |
| 83 | -0.242 | -0.054 | -7.874 | 0.793 | -0.007 | -0.2 | 0.059 | 0.003 | 62.000 | 0.629 | 0.000 | 0.040 |
| 84 | 0.454 | -0.542 | -5.01 | 0.78 | -0.221 | -0.021 | 0.206 | 0.294 | 25.100 | 0.608 | 0.049 | 0.000 |
| 85 | 0.598 | -0.602 | 1.838 | 0.67 | 0.061 | -0.067 | 0.358 | 0.362 | 3.378 | 0.449 | 0.004 | 0.004 |
| 86 | 0.27 | -0.77 | 4.93 | 0.281 | 0.094 | -0.093 | 0.073 | 0.593 | 24.305 | 0.079 | 0.009 | 0.009 |
| 87 | 0.206 | -0.738 | 0.602 | 0.099 | 0.141 | -0.039 | 0.042 | 0.545 | 0.362 | 0.010 | 0.020 | 0.002 |
| 88 | 0.41 | -6.026 | 0.87 | 0.081 | -0.002 | -0.017 | 0.168 | 36.313 | 0.757 | 0.007 | 0.000 | 0.000 |
| 89 | 0.23 | -7.37 | 0.522 | 0.217 | -0.059 | 0.011 | 0.053 | 54.317 | 0.272 | 0.047 | 0.003 | 0.000 |
| 90 | -0.326 | -6.478 | 0.722 | 0.455 | 0.104 | 0.046 | 0.106 | 41.964 | 0.521 | 0.207 | 0.011 | 0.002 |
| 91 | -0.258 | 2.022 | 0.838 | 0.408 | 0.195 | -0.087 | 0.067 | 4.088 | 0.702 | 0.166 | 0.038 | 0.008 |
| 92 | -0.806 | 2.486 | 0.574 | 0.165 | -0.13 | -0.048 | 0.650 | 6.180 | 0.329 | 0.027 | 0.017 | 0.002 |
| 93 | -2.11 | -0.522 | -0.254 | -0.541 | -0.177 | -0.014 | 4.452 | 0.272 | 0.065 | 0.293 | 0.031 | 0.000 |
| 94 | -2.174 | 4.526 | -1.054 | -0.121 | -0.576 | -0.051 | 4.726 | 20.485 | 1.111 | 0.015 | 0.332 | 0.003 |
| 95 | -0.698 | 5.982 | -1.078 | 0 | -0.309 | -0.036 | 0.487 | 35.784 | 1.162 | 0.000 | 0.095 | 0.001 |
| 96 | -0.026 | 5.138 | -1.19 | 0.02 | -0.065 | -0.094 | 0.001 | 26.399 | 1.416 | 0.000 | 0.004 | 0.009 |
| 97 | 7.914 | 0.122 | -0.498 | -0.016 | -0.044 | -0.148 | 62.631 | 0.015 | 0.248 | 0.000 | 0.002 | 0.022 |
| 98 | 3.962 | 0.094 | -0.698 | -0.236 | 0.142 | 0.061 | 15.697 | 0.009 | 0.487 | 0.056 | 0.020 | 0.004 |
| 99 | -1.99 | 1.642 | -0.802 | -0.262 | 0.116 | -0.074 | 3.960 | 2.696 | 0.643 | 0.069 | 0.013 | 0.005 |
| 100 | -2.786 | 1.11 | -1.014 | -0.383 | -0.296 | -0.103 | 7.762 | 1.232 | 1.028 | 0.147 | 0.088 | 0.011 |
| 101 | -5.226 | 0.05 | -0.514 | -0.499 | -0.328 | -0.041 | 27.311 | 0.003 | 0.264 | 0.249 | 0.108 | 0.002 |
| 102 | -6.51 | 0.23 | -0.534 | -0.295 | -0.41 | -0.108 | 42.380 | 0.053 | 0.285 | 0.087 | 0.168 | 0.012 |
| 103 | -5.502 | -0.162 | -5.673 | 0.134 | -0.046 | -0.002 | 30.272 | 0.026 | 32.183 | 0.018 | 0.002 | 0.000 |
| 104 | -6.794 | -0.07 | -1.126 | 0.119 | 0.055 | -0.015 | 46.158 | 0.005 | 1.268 | 0.014 | 0.003 | 0.000 |
| 105 | -8.978 | 0.298 | -1.178 | 0.014 | -0.037 | -0.072 | 80.604 | 0.089 | 1.388 | 0.000 | 0.001 | 0.005 |
| 106 | -10.1 | 0.594 | -0.266 | -0.269 | 0.069 | -0.038 | 101.970 | 0.353 | 0.071 | 0.072 | 0.005 | 0.001 |
| 107 | -11.36 | 0.53 | -0.378 | -0.204 | 0.027 | -0.06 | 129.095 | 0.281 | 0.143 | 0.042 | 0.001 | 0.004 |
| 108 | -9.838 | 0.526 | -0.202 | -0.191 | -0.087 | -0.013 | 96.786 | 0.277 | 0.041 | 0.036 | 0.008 | 0.000 |
| 109 | -4.486 | 0.33 | -0.302 | -0.176 | 0.005 | -0.047 | 20.124 | 0.109 | 0.091 | 0.031 | 0.000 | 0.002 |
| 110 | -1.074 | -1.214 | -0.122 | -0.27 | -0.036 | -0.076 | 1.153 | 1.474 | 0.015 | 0.073 | 0.001 | 0.006 |
| 111 | -0.022 | -1.278 | -0.146 | -0.275 | -0.019 | -0.116 | 0.000 | 1.633 | 0.021 | 0.076 | 0.000 | 0.013 |
| 112 | 0.966 | -0.894 | -0.55 | -0.173 | -0.008 | -0.199 | 0.933 | 0.799 | 0.303 | 0.030 | 0.000 | 0.040 |
| 113 | 1.122 | -0.79 | -0.722 | -0.413 | -0.261 | -0.129 | 1.259 | 0.624 | 0.521 | 0.171 | 0.068 | 0.017 |
| 114 | 0.546 | -0.858 | -0.718 | -0.104 | -0.283 | -0.192 | 0.298 | 0.736 | 0.516 | 0.011 | 0.080 | 0.037 |
| 115 | 0.702 | -0.274 | -0.63 | -0.189 | -0.073 | -0.173 | 0.493 | 0.075 | 0.397 | 0.036 | 0.005 | 0.030 |
| 116 | 0.934 | -0.934 | -0.566 | -0.442 | -0.057 | -0.222 | 0.872 | 0.872 | 0.320 | 0.195 | 0.003 | 0.049 |
| 117 | -0.226 | -0.794 | -0.922 | -0.415 | -0.038 | -0.233 | 0.051 | 0.630 | 0.850 | 0.172 | 0.001 | 0.054 |
| 118 | 0.11 | -0.402 | -0.958 | -0.823 | -0.189 | -0.225 | 0.012 | 0.162 | 0.918 | 0.677 | 0.036 | 0.051 |
| 119 | -0.666 | 0.354 | -0.622 | -0.734 | -0.298 | 0.119 | 0.444 | 0.125 | 0.387 | 0.539 | 0.089 | 0.014 |
| 120 | -0.358 | 0.426 | -0.25 | -0.622 | -0.026 | 0.111 | 0.128 | 0.181 | 0.063 | 0.387 | 0.001 | 0.012 |
| jmh | -84.54 | -24.81 | -52.05 | -7.397 | -4.850 | -6.952 | 2141.5 | 821.514 | 571.864 | 12.016 | 27.304 | 1.586 |

| No. | ERROR | | | | | | ERROR/Data Awal | | | | | |
|-----|---------------|--------|-------|-----------|-------|-------|-----------------|--------|-------|-----------|-------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 0.150 | 0.434 | 0.084 | 2.066 | 15.570 | 2.478 | 0.162 | 0.245 | 0.364 |
| 2 | 0.134 | 0.046 | 0.338 | 0.096 | 0.491 | 0.093 | 1.978 | 15.366 | 2.250 | 0.149 | 0.207 | 0.373 |
| 3 | 0.194 | 0.294 | 0.506 | 0.134 | 0.729 | 0.076 | 1.998 | 15.410 | 2.154 | 0.196 | 0.808 | 0.390 |
| 4 | 0.130 | 0.390 | 0.050 | 0.063 | 0.189 | 0.106 | 2.002 | 15.550 | 2.450 | 0.076 | 0.160 | 0.403 |
| 5 | 0.050 | 0.182 | 0.038 | 0.089 | 0.214 | 0.073 | 1.974 | 15.482 | 2.518 | 0.098 | 0.068 | 0.395 |
| 6 | 0.006 | 0.050 | 0.142 | 0.142 | 0.051 | 0.130 | 1.810 | 15.390 | 2.534 | 0.022 | 0.240 | 0.365 |
| 7 | 0.226 | 0.150 | 0.298 | 0.120 | 0.091 | 0.130 | 1.954 | 15.470 | 2.330 | 0.008 | 0.193 | 0.371 |
| 8 | 0.426 | 0.442 | 0.050 | 0.239 | 0.017 | 0.148 | 2.174 | 15.558 | 2.458 | 0.201 | 0.096 | 0.339 |
| 9 | 0.314 | 0.382 | 0.190 | 0.230 | 0.001 | 0.047 | 2.066 | 15.542 | 2.538 | 0.342 | 0.030 | 0.433 |
| 10 | 0.254 | 0.186 | 0.022 | 0.523 | 0.453 | 0.019 | 1.978 | 15.486 | 2.478 | 0.090 | 0.307 | 0.504 |
| 11 | 0.350 | 0.290 | 0.450 | 0.601 | 0.728 | 0.237 | 1.910 | 15.522 | 2.854 | 0.017 | 0.540 | 0.569 |
| 12 | 0.154 | 0.306 | 0.226 | 0.386 | 0.465 | 0.224 | 1.858 | 15.446 | 2.926 | 0.073 | 0.626 | 0.550 |
| 13 | 0.182 | 0.150 | 0.010 | 0.205 | 0.738 | 0.262 | 2.106 | 15.370 | 2.758 | 0.093 | 1.033 | 0.576 |
| 14 | 0.278 | 0.282 | 0.146 | 0.076 | 0.550 | 0.262 | 2.094 | 15.590 | 2.930 | 0.275 | 0.807 | 0.585 |
| 15 | 0.326 | 0.278 | 0.310 | 0.055 | 0.776 | 0.215 | 2.054 | 15.570 | 2.890 | 0.191 | 0.018 | 0.555 |
| 16 | 0.462 | 0.130 | 0.094 | 0.254 | 0.030 | 0.034 | 2.122 | 15.366 | 2.802 | 0.128 | 0.080 | 0.387 |
| 17 | 0.566 | 0.138 | 0.058 | 0.038 | 0.070 | 0.195 | 2.174 | 15.410 | 2.846 | 0.086 | 0.048 | 0.540 |
| 18 | 0.166 | 0.354 | 0.222 | 0.207 | 0.010 | 0.254 | 1.738 | 15.550 | 2.506 | 0.179 | 0.180 | 0.569 |
| 19 | 0.342 | 0.362 | 0.234 | 0.376 | 0.096 | 0.229 | 1.610 | 15.482 | 2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.550 |
| 20 | 0.298 | 0.050 | 0.102 | 0.268 | 0.288 | 0.287 | 1.678 | 15.390 | 2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 21 | 0.690 | 0.270 | 5.417 | 0.372 | 0.085 | 0.114 | 2.078 | 15.590 | 2.237 | 0.080 | 0.005 | 0.497 |
| 22 | 0.306 | 0.454 | 0.806 | 0.505 | 0.272 | 0.105 | 1.838 | 15.570 | 2.334 | 0.154 | 0.066 | 0.516 |
| 23 | 0.398 | 0.206 | 0.714 | 0.431 | 0.071 | 0.106 | 1.886 | 15.366 | 2.338 | 0.115 | 0.039 | 0.559 |
| 24 | 0.402 | 0.110 | 0.686 | 0.076 | 0.656 | 0.020 | 1.762 | 15.410 | 2.410 | 0.174 | 0.026 | 0.518 |
| 25 | 0.538 | 0.318 | 1.002 | 0.221 | 1.410 | 0.055 | 1.966 | 15.550 | 2.250 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 26 | 0.066 | 0.450 | 0.602 | 0.148 | 1.442 | 0.032 | 1.894 | 15.590 | 2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 27 | 0.306 | 0.858 | 0.330 | 0.037 | 0.624 | 0.037 | 1.894 | 16.078 | 2.426 | 0.051 | 0.026 | 0.537 |
| 28 | 0.162 | 0.266 | 0.726 | 0.096 | 0.393 | 0.004 | 1.798 | 16.070 | 2.378 | 0.045 | 0.093 | 0.530 |
| 29 | 0.310 | 0.414 | 0.918 | 0.152 | 0.657 | 0.000 | 1.822 | 16.134 | 2.258 | 0.050 | 0.086 | 0.535 |
| 30 | 0.198 | 0.758 | 0.170 | 0.032 | 0.229 | 0.083 | 1.518 | 16.586 | 2.838 | 0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 31 | 0.014 | 0.430 | 0.402 | 0.117 | 0.302 | 0.025 | 1.630 | 16.250 | 2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 32 | 0.006 | 0.246 | 0.210 | 0.006 | 0.585 | 0.120 | 1.638 | 16.130 | 2.930 | 0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 33 | 0.234 | 0.866 | 0.162 | 0.033 | 0.548 | 0.105 | 1.782 | 15.470 | 2.890 | 0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 34 | 0.250 | 0.054 | 0.294 | 0.129 | 0.392 | 0.180 | 1.818 | 16.054 | 2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 35 | 1.010 | 0.450 | 0.606 | 0.119 | 0.089 | 0.008 | 1.250 | 16.330 | 3.362 | 0.249 | 0.044 | 0.439 |
| 36 | 2.598 | 0.550 | 0.674 | 0.161 | 0.137 | 0.061 | 1.522 | 16.366 | 3.778 | 0.301 | 0.028 | 0.419 |
| 37 | 4.610 | 1.514 | 0.542 | 0.060 | 0.357 | 0.072 | 1.434 | 16.658 | 3.718 | 0.057 | 0.101 | 0.374 |
| 38 | 7.002 | 2.786 | 5.717 | 0.011 | 0.443 | 0.014 | 1.490 | 15.106 | 3.730 | 0.151 | 0.106 | 0.393 |
| 39 | 8.714 | 4.234 | 6.074 | 0.288 | 0.106 | 0.061 | 1.254 | 16.046 | 3.834 | 0.355 | 0.014 | 0.387 |
| 40 | 4.842 | 4.870 | 7.918 | 0.226 | 0.276 | 0.119 | 1.242 | 16.658 | 3.818 | 0.203 | 0.033 | 0.347 |
| 41 | 1.118 | 4.158 | 4.554 | 0.147 | 0.336 | 0.106 | 1.302 | 15.106 | 2.294 | 0.290 | 0.057 | 0.360 |
| 42 | 2.570 | 2.934 | 1.422 | 0.275 | 0.037 | 0.042 | 1.522 | 15.106 | 3.222 | 0.050 | 0.010 | 0.551 |
| 43 | 4.978 | 1.082 | 4.542 | 0.178 | 0.192 | 0.069 | 1.362 | 15.942 | 3.314 | 0.063 | 0.087 | 0.537 |
| 44 | 6.246 | 1.078 | 0.202 | 0.048 | 0.272 | 0.035 | 1.414 | 15.710 | 3.278 | 0.090 | 0.059 | 0.530 |
| 45 | 4.930 | 1.398 | 0.422 | 0.051 | 0.484 | 0.005 | 1.506 | 15.678 | 3.206 | 0.067 | 0.206 | 0.496 |
| 46 | 6.526 | 13.702 | 0.302 | 0.030 | 0.439 | 0.030 | 1.570 | 15.750 | 3.198 | 0.090 | 0.287 | 0.457 |
| 47 | 8.514 | 0.118 | 0.342 | 0.075 | 0.495 | 0.018 | 1.422 | 15.914 | 3.138 | 0.017 | 0.170 | 0.498 |
| 48 | 9.678 | 0.350 | 0.378 | 0.203 | 0.768 | 0.031 | 1.342 | 16.058 | 3.250 | 0.073 | 0.359 | 0.516 |
| 49 | 12.130 | 0.950 | 0.554 | 0.047 | 0.519 | 0.022 | 2.734 | 15.806 | 3.194 | 0.093 | 0.443 | 0.516 |
| 50 | 10.946 | 0.926 | 0.214 | 0.158 | 0.096 | 0.069 | 3.002 | 15.782 | 3.274 | 0.275 | 0.077 | 0.559 |
| 51 | 5.102 | 0.278 | 0.674 | 0.051 | 0.512 | 0.064 | 2.510 | 15.970 | 2.846 | 0.191 | 0.155 | 0.518 |
| 52 | 3.646 | 0.606 | 0.442 | 0.021 | 0.853 | 0.026 | 4.370 | 16.066 | 3.002 | 0.088 | 0.263 | 0.545 |
| 53 | 4.494 | 1.658 | 0.802 | 0.011 | 1.004 | 0.051 | 6.294 | 15.394 | 2.658 | 0.034 | 0.328 | 0.551 |
| 54 | 6.258 | 1.482 | 0.998 | 0.133 | 1.285 | 0.011 | 8.742 | 18.142 | 2.506 | 0.010 | 0.202 | 0.537 |
| 55 | 7.466 | 4.998 | 6.102 | 0.283 | 0.582 | 0.005 | 10.218 | 20.530 | 2.490 | 0.042 | 0.275 | 0.530 |
| 56 | 4.150 | 6.158 | 7.854 | 0.161 | 0.291 | 0.030 | 6.334 | 21.778 | 4.350 | 0.080 | 0.359 | 0.535 |
| 57 | 1.726 | 4.086 | 5.966 | 0.048 | 0.789 | 0.115 | 0.434 | 19.514 | 2.510 | 0.090 | 0.026 | 0.588 |
| 58 | 2.866 | 2.790 | 0.994 | 0.076 | 0.688 | 0.144 | 0.798 | 18.290 | 4.394 | 0.067 | 0.031 | 0.540 |
| 59 | 6.010 | 1.610 | 3.574 | 0.568 | 0.376 | 0.050 | 3.366 | 17.274 | 7.606 | 0.401 | 0.288 | 0.461 |
| 60 | 6.834 | 1.034 | 0.554 | 0.477 | 0.324 | 0.124 | 4.582 | 17.038 | 3.230 | 0.366 | 0.060 | 0.503 |
| 61 | 4.954 | 1.550 | 0.562 | 0.229 | 0.955 | 0.141 | 3.174 | 14.530 | 3.378 | 0.148 | 0.680 | 0.588 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|----------|---------|--------|--------|--------|
| 62 | 6.006 | 13.818 | 0.842 | 0.088 | 1.469 | 0.060 | 4.706 | 2.298 | 3.250 | 0.067 | 1.469 | 0.540 |
| 63 | 8.046 | 0.894 | 0.854 | 0.106 | 1.586 | 0.123 | 6.842 | 17.302 | 3.230 | 0.083 | 1.531 | 0.569 |
| 64 | 9.902 | 2.054 | 0.714 | 0.105 | 1.141 | 0.143 | 8.086 | 16.910 | 3.378 | 0.038 | 0.648 | 0.550 |
| 65 | 10.790 | 0.926 | 0.538 | 0.234 | 0.371 | 0.128 | 9.146 | 15.782 | 3.498 | 0.091 | 0.250 | 0.576 |
| 66 | 8.802 | 0.178 | 0.790 | 0.089 | 0.139 | 0.119 | 7.694 | 15.870 | 3.238 | 0.152 | 0.521 | 0.585 |
| 67 | 3.346 | 0.218 | 0.698 | 0.030 | 0.118 | 0.089 | 2.342 | 15.678 | 3.270 | 0.108 | 0.177 | 0.555 |
| 68 | 0.190 | 1.302 | 0.786 | 0.011 | 0.267 | 0.014 | 0.974 | 15.750 | 3.194 | 0.005 | 0.013 | 0.523 |
| 69 | 0.882 | 0.746 | 0.874 | 0.101 | 0.073 | 0.022 | 2.050 | 15.914 | 3.210 | 0.041 | 0.201 | 0.446 |
| 70 | 0.250 | 0.722 | 0.814 | 0.171 | 0.063 | 0.034 | 1.262 | 16.254 | 3.254 | 0.005 | 0.369 | 0.461 |
| 71 | 1.434 | 0.250 | 0.710 | 0.422 | 0.103 | 0.072 | 2.434 | 15.870 | 3.254 | 0.042 | 0.321 | 0.429 |
| 72 | 1.138 | 0.250 | 0.266 | 0.734 | 0.212 | 0.010 | 2.410 | 15.678 | 3.206 | 0.031 | 0.225 | 0.497 |
| 73 | 1.134 | 0.250 | 0.414 | 0.914 | 0.092 | 0.050 | 2.318 | 15.750 | 3.150 | 0.071 | 0.050 | 0.530 |
| 74 | 1.654 | 0.250 | 0.254 | 0.784 | 0.040 | 0.011 | 2.894 | 15.914 | 3.782 | 0.073 | 0.005 | 0.496 |
| 75 | 1.498 | 0.446 | 0.078 | 0.358 | 0.488 | 0.081 | 2.502 | 16.254 | 3.534 | 0.093 | 0.443 | 0.457 |
| 76 | 1.038 | 0.450 | 0.242 | 0.014 | 0.664 | 0.008 | 2.030 | 15.106 | 3.690 | 0.275 | 0.571 | 0.498 |
| 77 | 0.498 | 0.410 | 0.454 | 0.022 | 0.363 | 0.062 | 1.550 | 15.942 | 3.842 | 0.191 | 0.332 | 0.516 |
| 78 | 0.182 | 0.090 | 0.334 | 0.067 | 0.225 | 0.097 | 1.454 | 15.710 | 3.834 | 0.088 | 0.245 | 0.516 |
| 79 | 0.954 | 1.874 | 0.398 | 0.106 | 0.222 | 0.170 | 2.066 | 17.302 | 3.842 | 0.034 | 0.230 | 0.559 |
| 80 | 0.730 | 1.410 | 0.262 | 0.136 | 0.167 | 0.149 | 1.894 | 16.910 | 3.786 | 0.010 | 0.224 | 0.518 |
| 81 | 0.102 | 0.118 | 1.118 | 0.360 | 0.301 | 0.221 | 1.358 | 15.782 | 2.354 | 0.116 | 0.382 | 0.545 |
| 82 | 0.066 | 0.134 | 5.982 | 0.700 | 0.289 | 0.208 | 1.254 | 15.870 | 2.490 | 0.414 | 0.168 | 0.551 |
| 83 | 0.242 | 0.054 | 7.874 | 0.793 | 0.007 | 0.200 | 1.414 | 16.134 | 4.350 | 0.715 | 0.037 | 0.537 |
| 84 | 0.454 | 0.542 | 5.010 | 0.780 | 0.221 | 0.021 | 1.418 | 15.702 | 2.510 | 0.793 | 0.192 | 0.530 |
| 85 | 0.598 | 0.602 | 1.838 | 0.670 | 0.061 | 0.067 | 1.326 | 15.902 | 4.394 | 0.661 | 0.085 | 0.535 |
| 86 | 0.270 | 0.770 | 4.930 | 0.281 | 0.094 | 0.093 | 1.546 | 16.110 | 7.606 | 0.401 | 0.095 | 0.588 |
| 87 | 0.206 | 0.738 | 0.602 | 0.099 | 0.141 | 0.039 | 1.522 | 16.058 | 3.230 | 0.211 | 0.143 | 0.540 |
| 88 | 0.410 | 6.026 | 0.870 | 0.081 | 0.002 | 0.017 | 1.338 | 21.142 | 3.378 | 0.119 | 0.081 | 0.504 |
| 89 | 0.230 | 7.370 | 0.522 | 0.217 | 0.059 | 0.011 | 1.522 | 22.530 | 3.250 | 0.105 | 0.030 | 0.469 |
| 90 | 0.326 | 6.478 | 0.722 | 0.455 | 0.104 | 0.046 | 2.050 | 21.778 | 3.222 | 0.022 | 0.042 | 0.439 |
| 91 | 0.258 | 2.022 | 0.838 | 0.408 | 0.195 | 0.087 | 1.818 | 13.210 | 3.242 | 0.176 | 0.007 | 0.419 |
| 92 | 0.806 | 2.486 | 0.574 | 0.165 | 0.130 | 0.048 | 2.510 | 12.654 | 3.274 | 0.294 | 0.031 | 0.374 |
| 93 | 2.110 | 0.522 | 0.254 | 0.541 | 0.177 | 0.014 | 4.370 | 16.330 | 3.246 | 0.336 | 0.171 | 0.393 |
| 94 | 2.174 | 4.526 | 1.054 | 0.121 | 0.576 | 0.051 | 6.294 | 16.366 | 2.426 | 0.058 | 0.272 | 0.498 |
| 95 | 0.698 | 5.982 | 1.078 | 0.000 | 0.309 | 0.036 | 6.742 | 16.298 | 2.378 | 0.126 | 0.118 | 0.516 |
| 96 | 0.026 | 5.138 | 1.190 | 0.020 | 0.065 | 0.094 | 8.518 | 16.390 | 2.258 | 0.177 | 0.029 | 0.540 |
| 97 | 7.914 | 0.122 | 0.498 | 0.016 | 0.044 | 0.148 | 2.054 | 15.570 | 2.890 | 0.191 | 0.018 | 0.555 |
| 98 | 3.962 | 0.094 | 0.698 | 0.236 | 0.142 | 0.061 | 2.122 | 15.366 | 2.802 | 0.128 | 0.080 | 0.387 |
| 99 | 1.990 | 1.642 | 0.802 | 0.262 | 0.116 | 0.074 | 2.174 | 15.410 | 2.846 | 0.086 | 0.048 | 0.540 |
| 100 | 2.786 | 1.110 | 1.014 | 0.383 | 0.296 | 0.103 | 1.738 | 15.550 | 2.506 | 0.179 | 0.180 | 0.569 |
| 101 | 5.226 | 0.050 | 0.514 | 0.499 | 0.328 | 0.041 | 1.610 | 15.482 | 2.854 | 0.334 | 0.239 | 0.550 |
| 102 | 6.510 | 0.230 | 0.534 | 0.295 | 0.410 | 0.108 | 1.678 | 15.390 | 2.926 | 0.419 | 0.334 | 0.576 |
| 103 | 5.502 | 0.162 | 5.673 | 0.134 | 0.046 | 0.002 | 2.078 | 15.590 | 2.237 | 0.080 | 0.005 | 0.497 |
| 104 | 6.794 | 0.070 | 1.126 | 0.119 | 0.055 | 0.015 | 1.838 | 15.570 | 2.334 | 0.154 | 0.066 | 0.516 |
| 105 | 8.978 | 0.298 | 1.178 | 0.014 | 0.037 | 0.072 | 1.886 | 15.366 | 2.338 | 0.115 | 0.039 | 0.559 |
| 106 | 10.098 | 0.594 | 0.266 | 0.269 | 0.069 | 0.038 | 1.762 | 15.410 | 2.410 | 0.174 | 0.026 | 0.518 |
| 107 | 11.362 | 0.530 | 0.378 | 0.204 | 0.027 | 0.060 | 1.966 | 15.550 | 2.250 | 0.104 | 0.009 | 0.545 |
| 108 | 9.838 | 0.526 | 0.202 | 0.191 | 0.087 | 0.013 | 1.894 | 15.590 | 2.306 | 0.015 | 0.039 | 0.551 |
| 109 | 4.486 | 0.330 | 0.302 | 0.176 | 0.005 | 0.047 | 1.894 | 16.078 | 2.426 | 0.051 | 0.026 | 0.537 |
| 110 | 1.074 | 1.214 | 0.122 | 0.270 | 0.036 | 0.076 | 1.798 | 16.070 | 2.378 | 0.045 | 0.093 | 0.530 |
| 111 | 0.022 | 1.278 | 0.146 | 0.275 | 0.019 | 0.116 | 1.822 | 16.134 | 2.258 | 0.050 | 0.086 | 0.535 |
| 112 | 0.966 | 0.894 | 0.550 | 0.173 | 0.008 | 0.199 | 1.518 | 16.586 | 2.838 | 0.126 | 0.002 | 0.588 |
| 113 | 1.122 | 0.790 | 0.722 | 0.413 | 0.261 | 0.129 | 1.630 | 16.250 | 2.778 | 0.062 | 0.239 | 0.498 |
| 114 | 0.546 | 0.858 | 0.718 | 0.104 | 0.283 | 0.192 | 1.638 | 16.130 | 2.930 | 0.003 | 0.334 | 0.516 |
| 115 | 0.702 | 0.274 | 0.630 | 0.189 | 0.073 | 0.173 | 1.782 | 15.470 | 2.890 | 0.012 | 0.129 | 0.516 |
| 116 | 0.934 | 0.934 | 0.566 | 0.442 | 0.057 | 0.222 | 1.818 | 16.054 | 2.802 | 0.037 | 0.021 | 0.559 |
| 117 | 0.226 | 0.794 | 0.922 | 0.415 | 0.038 | 0.233 | 2.410 | 15.938 | 2.538 | 0.162 | 0.021 | 0.530 |
| 118 | 0.110 | 0.402 | 0.958 | 0.823 | 0.189 | 0.225 | 2.050 | 16.090 | 2.478 | 0.483 | 0.196 | 0.535 |
| 119 | 0.666 | 0.354 | 0.622 | 0.734 | 0.298 | 0.119 | 2.734 | 15.486 | 2.838 | 0.634 | 0.238 | 0.382 |
| 120 | 0.358 | 0.426 | 0.250 | 0.622 | 0.026 | 0.111 | 3.002 | 15.522 | 2.778 | 0.509 | 0.111 | 0.376 |
| jmlh | 318.488 | 161.764 | 143.185 | 28.183 | 40.276 | 10.886 | 297.408 | 1918.012 | 361.914 | 18.483 | 24.408 | 60.398 |

PERHITUNGAN MSE (MEAN SQUARED ERROR)

| Modul Sensor | | | | | | |
|--------------|---------------|-------|-------|-----------|-------|------|
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 17.85 | 6.85 | 4.77 | 0.10 | 0.23 | 0.01 |
| RSME | 4.22 | 2.62 | 2.18 | 0.32 | 0.48 | 0.11 |
| MAD | 0.21 | 0.23 | 0.11 | 0.15 | 0.43 | 0.08 |
| MAPE | 24.78 | 15.98 | 20.16 | 15.40 | 20.34 | 5.03 |

PERBANDINGAN NILAI MSE

Perbandingan Nilai MSE antara simulasi benar dengan simulasi salah

| | Accelerometer | | | Accelerometer | | |
|------|---------------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 17.847 | 6.846 | 4.766 | 43.856 | 42.744 | 50.900 |
| RSME | 4.225 | 2.616 | 2.183 | 6.622 | 6.538 | 7.134 |
| MAD | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 41.436 | 41.104 | 40.764 |
| MAPE | 24.784 | 15.983 | 20.160 | 71.767 | 68.649 | 76.065 |

| | Gyroscope | | | Gyroscope | | |
|------|-----------|--------|-------|-----------|--------|-------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 0.100 | 0.228 | 0.013 | 12.900 | 34.123 | 0.837 |
| RSME | 0.316 | 0.477 | 0.115 | 3.592 | 5.841 | 0.915 |
| MAD | 0.150 | 0.434 | 0.084 | 4.223 | 8.612 | 0.264 |
| MAPE | 15.403 | 20.340 | 5.033 | 13.997 | 32.557 | 4.802 |

*MEAN SQUARED ERROR (MSE) BERPURA-PURA
MELAKUKAN KEGIATAN TAG WELD
(PENGELASAN TITIK)*

DATA

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|-------|-------|-----------|-------|-------|---------------|-------|------|-----------|-------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 4024 | 12832 | 7832 | -4907 | -2959 | -343 | 2588 | 13936 | 7068 | -684 | -347 | -79 |
| 2 | 4040 | 12740 | 7740 | -4806 | -2448 | -281 | 2688 | 13964 | 7168 | -350 | 1703 | -188 |
| 3 | 4104 | 12756 | 7756 | -4146 | -2070 | -298 | 2656 | 13908 | 7136 | -522 | 1324 | -391 |
| 4 | 3936 | 12296 | 7296 | -5726 | -1507 | -343 | 2664 | 13864 | 7244 | -1076 | 1219 | 1500 |
| 5 | 3716 | 12152 | 7152 | -6026 | 2308 | 200 | 2716 | 13820 | 7148 | -616 | 1448 | -545 |
| 6 | 3832 | 12204 | 7204 | -5258 | 1307 | 174 | 2664 | 13852 | 7212 | -156 | -1472 | -594 |
| 7 | 3840 | 12320 | 7320 | -4874 | -1442 | 83 | 2780 | 13852 | 7140 | 5462 | 1136 | -470 |
| 8 | 3732 | 12152 | 7152 | -936 | -1793 | -9 | 2692 | 13796 | 7160 | -98 | 9956 | -466 |
| 9 | 4152 | 12192 | 7192 | -684 | -347 | -79 | 2776 | 13824 | 7032 | -4907 | -2959 | -343 |
| 10 | 4404 | 11632 | 6632 | -350 | 1703 | -188 | 2556 | 13924 | 7052 | -4806 | -2448 | -281 |
| 11 | 4972 | 12052 | 7052 | -522 | 1324 | -391 | 2652 | 13924 | 7184 | -4146 | -2070 | -298 |
| 12 | 3848 | 12780 | 7780 | -1076 | 1219 | 1500 | 2736 | 13936 | 7080 | -5726 | -1507 | -343 |
| 13 | 3916 | 12556 | 7556 | -616 | 1448 | -545 | 2796 | 13880 | 7212 | -6026 | 2308 | 200 |
| 14 | 3988 | 12352 | 7352 | -156 | -1472 | -594 | 2652 | 13904 | 7116 | -5258 | 1307 | 174 |
| 15 | 4024 | 12052 | 7052 | 5462 | 1136 | -470 | 2664 | 13808 | 7228 | -4874 | -1442 | 83 |
| 16 | 4040 | 11912 | 6912 | -98 | 9956 | -466 | 2692 | 13848 | 7260 | -936 | -1793 | -9 |
| 17 | 4104 | 12832 | 7832 | -482 | 5613 | -420 | 2680 | 13764 | 7256 | -649 | 6926 | -343 |
| 18 | 3936 | 12740 | 7740 | -2750 | -1430 | -314 | 2652 | 13800 | 7244 | -114 | 3907 | -1350 |
| 19 | 3716 | 12756 | 7756 | -936 | -1222 | -183 | 2684 | 13752 | 7336 | 205 | -2899 | -298 |
| 20 | 3832 | 12296 | 7296 | -684 | 4095 | -306 | 2668 | 13740 | 7332 | -10 | -2959 | -298 |
| 21 | 3840 | 12152 | 7152 | -350 | 6162 | -314 | 2760 | 13868 | 7200 | -334 | -2448 | 2985 |
| 22 | 3732 | 12204 | 7204 | -522 | 4441 | -343 | 2732 | 13848 | 7180 | 5462 | -2070 | -314 |
| 23 | 4152 | 12320 | 7320 | -1438 | -3217 | -281 | 2780 | 13764 | 7208 | -98 | -1507 | -343 |
| 24 | 4404 | 12152 | 7152 | -1311 | -9856 | -298 | 2572 | 13848 | 7224 | -482 | 2308 | -281 |
| 25 | 4972 | 12192 | 7192 | -649 | 6926 | -343 | 2632 | 13956 | 7300 | -2950 | 1307 | -298 |
| 26 | 6152 | 11632 | 6632 | -114 | 3907 | -1350 | 2684 | 13812 | 7228 | -952 | -1442 | -343 |
| 27 | 8575 | 12052 | 7052 | 205 | -2899 | -298 | 2636 | 13852 | 7244 | -745 | -1793 | 450 |
| 28 | 6368 | 12780 | 7780 | -10 | -2959 | -298 | 2576 | 13908 | 7148 | -482 | 5613 | -420 |
| 29 | 6396 | 12556 | 7556 | -334 | -2448 | 2985 | 2808 | 13836 | 7180 | -2750 | -1430 | -314 |
| 30 | 1392 | 12352 | 7352 | 5462 | -2070 | -314 | 2664 | 13840 | 7140 | -936 | -1222 | -183 |
| 31 | 712 | 12052 | 7052 | -98 | -1507 | -343 | 2616 | 13924 | 7020 | -684 | 4095 | -306 |
| 32 | 648 | 11912 | 6912 | -482 | 2308 | -281 | 2592 | 13796 | 7108 | -350 | 6162 | -314 |
| 33 | 604 | 12740 | 7740 | -2950 | 1307 | -298 | 2608 | 13920 | 6980 | -522 | 4441 | -343 |
| 34 | -1658 | 12756 | 7756 | -952 | -1442 | -343 | 2656 | 13836 | 7176 | -1438 | -3217 | -281 |
| 35 | 3800 | 12768 | 7768 | -745 | -1793 | 450 | 2592 | 13744 | 7108 | -1311 | -9856 | -298 |
| 36 | 3728 | 14220 | 9220 | -733 | -347 | -314 | 2760 | 13760 | 7208 | 162 | 6162 | 364 |
| 37 | 3744 | 16212 | 11212 | -812 | 1703 | -343 | 2592 | 13864 | 7072 | -307 | 4441 | -1750 |
| 38 | 3852 | 14304 | 9304 | -634 | 1324 | -450 | 2756 | 13852 | 7196 | -566 | -3217 | -314 |
| 39 | 3916 | 11808 | 6808 | -573 | 1219 | -1462 | 2748 | 13800 | 7024 | -502 | -9548 | -343 |
| 40 | 3800 | 10732 | 5732 | -182 | 1448 | -343 | 2704 | 13908 | 6916 | -242 | 6926 | -281 |
| 41 | 3728 | 12832 | 7832 | -187 | -1472 | 550 | 2676 | 13820 | 7024 | -10 | 3907 | -298 |
| 42 | 3744 | 12740 | 7740 | 5462 | 1136 | 254 | 2636 | 13912 | 7048 | 190 | -2899 | -343 |
| 43 | 3852 | 12756 | 7756 | -98 | 9950 | -314 | 2680 | 13840 | 6972 | 406 | -2959 | -343 |
| 44 | 3916 | 12296 | 7296 | -482 | 5613 | -343 | 2572 | 13892 | 6848 | 665 | -2448 | 550 |
| 45 | 3812 | 12832 | 7832 | -3500 | -1430 | -281 | 2620 | 13908 | 7024 | 5462 | -2070 | 254 |
| 46 | 3632 | 12740 | 7740 | 409 | -1222 | -298 | 2708 | 13964 | 7064 | -98 | -1507 | -314 |
| 47 | 3692 | 12756 | 7756 | 430 | 4095 | -343 | 2612 | 13912 | 6892 | -482 | 2308 | -470 |
| 48 | 3604 | 12296 | 7296 | 162 | 6162 | 364 | 2636 | 14036 | 7048 | -5600 | 1307 | -466 |
| 49 | 3588 | 12152 | 7152 | -307 | 4441 | -1750 | 2680 | 13952 | 7048 | -603 | -1442 | -420 |
| 50 | 3688 | 12204 | 7204 | -566 | -3217 | -314 | 2736 | 13936 | 7080 | -576 | -1793 | -314 |
| 51 | 3832 | 12320 | 7320 | -502 | -9548 | -343 | 2796 | 13880 | 7212 | -450 | -347 | -183 |
| 52 | 3848 | 12152 | 7152 | -242 | 6926 | -281 | 2652 | 13904 | 7116 | -635 | 1703 | -306 |
| 53 | 3916 | 12192 | 7192 | -10 | 3907 | -298 | 2664 | 13808 | 7228 | -733 | -347 | -314 |
| 54 | 3988 | 11632 | 6632 | 190 | -2899 | -343 | 2692 | 13848 | 7260 | -812 | 1703 | -343 |
| 55 | 4024 | 12052 | 7052 | 406 | -2959 | -343 | 2680 | 13764 | 7256 | -634 | 1324 | -450 |
| 56 | 4040 | 12780 | 7780 | 665 | -2448 | 550 | 2652 | 13800 | 7244 | -573 | 1219 | -1462 |
| 57 | 4104 | 12556 | 7556 | 5462 | -2070 | 254 | 2684 | 13752 | 7336 | -182 | 1448 | -343 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| 58 | 3936 | 12352 | 7352 | -98 | -1507 | -314 | 2668 | 13740 | 7332 | -187 | -1472 | 550 |
| 59 | 3988 | 12052 | 7052 | -482 | 2308 | -470 | 2760 | 13868 | 7200 | 5462 | 1136 | 254 |
| 60 | 3716 | 11912 | 6912 | -5600 | 1307 | -466 | 2732 | 13848 | 7180 | -98 | 9950 | -314 |
| 61 | 3832 | 12832 | 7832 | -603 | -1442 | -420 | 2780 | 13764 | 7208 | -482 | 5613 | -343 |
| 62 | 3840 | 12740 | 7740 | -576 | -1793 | -314 | 2572 | 13848 | 7224 | -3500 | -1430 | -281 |
| 63 | 3732 | 12352 | 7352 | -450 | -347 | -183 | 2632 | 13956 | 7300 | 409 | -1222 | -298 |
| 64 | 4152 | 12052 | 7052 | -635 | 1703 | -306 | 2684 | 13812 | 7228 | 430 | 4095 | -343 |
| 65 | 4404 | 11912 | 6912 | -783 | 1324 | -2875 | 2636 | 13852 | 7244 | -203 | 4441 | -298 |
| 66 | 4972 | 12740 | 7740 | -1206 | 1219 | -343 | 2576 | 13908 | 7148 | -37 | -3217 | -343 |
| 67 | 6152 | 12756 | 7756 | -971 | 1448 | -281 | 2808 | 13836 | 7180 | 297 | -9845 | -470 |
| 68 | 8574 | 12768 | 7768 | -834 | -1472 | -298 | 2756 | 13852 | 7196 | 402 | 6926 | -466 |
| 69 | 6368 | 14220 | 9220 | 5462 | 1136 | -298 | 2748 | 13800 | 7024 | 5462 | 3907 | -420 |
| 70 | 6396 | 16212 | 11212 | -98 | 9604 | -298 | 2704 | 13908 | 6916 | -98 | -2899 | -314 |
| 71 | 1392 | 14304 | 9304 | -482 | 5613 | -298 | 2676 | 13820 | 7024 | -482 | -2959 | -183 |
| 72 | 712 | 11808 | 6808 | -5896 | -1430 | -298 | 2636 | 13912 | 7048 | -5740 | -2448 | -306 |
| 73 | 648 | 10732 | 5732 | -264 | -1222 | 2560 | 2680 | 13840 | 6972 | -496 | -2070 | -343 |
| 74 | 604 | 12832 | 7832 | -270 | 4095 | -343 | 2572 | 13892 | 6848 | -365 | -1507 | -281 |
| 75 | -1605 | 12740 | 7740 | -243 | 6162 | -281 | 2620 | 13908 | 7024 | -276 | 2308 | -298 |
| 76 | 3800 | 12756 | 7756 | -203 | 4441 | -298 | 2708 | 13964 | 7064 | -274 | 1307 | -343 |
| 77 | 3728 | 12296 | 7296 | -37 | -3217 | -343 | 2656 | 13908 | 7136 | -257 | -1442 | 200 |
| 78 | 3744 | 12832 | 7832 | 297 | -9845 | -470 | 2664 | 13864 | 7244 | -371 | -1793 | -343 |
| 79 | 3852 | 12296 | 7296 | 402 | 6926 | -466 | 2716 | 13820 | 7148 | -783 | 1324 | -2875 |
| 80 | 3916 | 12152 | 7152 | 5462 | 3907 | -420 | 2664 | 13852 | 7212 | -1206 | 1219 | -343 |
| 81 | 3800 | 12204 | 7204 | -98 | -2899 | -314 | 2780 | 13852 | 7140 | -971 | 1448 | -281 |
| 82 | 3728 | 12320 | 7320 | -482 | -2959 | -183 | 2692 | 13796 | 7160 | -834 | -1472 | -298 |
| 83 | 3744 | 12152 | 7152 | -5740 | -2448 | -306 | 2776 | 13824 | 7032 | 5462 | 1136 | -298 |
| 84 | 3852 | 12192 | 7192 | -496 | -2070 | -343 | 2556 | 13924 | 7052 | -98 | 9604 | -298 |
| 85 | 3916 | 11632 | 6632 | -365 | -1507 | -281 | 2652 | 13924 | 7184 | -482 | 5613 | -298 |
| 86 | 3716 | 12052 | 7052 | -276 | 2308 | -298 | 2680 | 13840 | 6972 | -5896 | -1430 | -298 |
| 87 | 3832 | 12780 | 7780 | -274 | 1307 | -343 | 2572 | 13892 | 6848 | -264 | -1222 | 2560 |
| 88 | 3840 | 12556 | 7556 | -257 | -1442 | 200 | 2620 | 13908 | 7024 | -270 | 4095 | -343 |
| 89 | 3732 | 12352 | 7352 | -371 | -1793 | -343 | 2708 | 13964 | 7064 | -243 | 6162 | -281 |
| 90 | 4152 | 12052 | 7052 | -465 | -347 | -281 | 2656 | 13908 | 7136 | 127 | 4095 | -343 |
| 91 | 4404 | 11912 | 6912 | -489 | 1703 | -298 | 2664 | 13864 | 7244 | -230 | 6162 | -281 |
| 92 | 4972 | 12768 | 7768 | -479 | 1324 | -343 | 2716 | 13820 | 7148 | -540 | 4441 | -298 |
| 93 | 6152 | 14220 | 9220 | -423 | 1219 | 200 | 2664 | 13852 | 7212 | -603 | -3217 | -343 |
| 94 | 8530 | 16212 | 11212 | 5462 | 1448 | 200 | 2780 | 13852 | 7140 | -576 | -9852 | 200 |
| 95 | 6368 | 14304 | 9304 | -98 | -1472 | -343 | 2748 | 13800 | 7024 | -450 | 6926 | -343 |
| 96 | 6396 | 11808 | 6808 | -482 | 1136 | -281 | 2704 | 13908 | 6916 | 5462 | 3907 | -281 |
| 97 | 1392 | 10732 | 5732 | -6354 | 9631 | -298 | 2676 | 13820 | 7024 | -98 | -2899 | -1785 |
| 98 | 712 | 10712 | 5712 | 308 | 5613 | -343 | 2636 | 13912 | 7048 | -482 | -2959 | -343 |
| 99 | 648 | 11212 | 6212 | 5465 | -1430 | 200 | 2680 | 13840 | 6972 | -6541 | -2448 | 200 |
| 100 | 604 | 12336 | 7336 | 526 | -1222 | -343 | 2572 | 13892 | 6848 | -834 | -2070 | -314 |
| 101 | -1506 | 13084 | 8084 | 127 | 4095 | -343 | 2620 | 13908 | 7024 | -678 | -1507 | -343 |
| 102 | 3800 | 12612 | 7612 | -230 | 6162 | -281 | 2708 | 13964 | 7064 | -528 | 2308 | -281 |
| 103 | 3728 | 12188 | 7188 | -540 | 4441 | -298 | 2756 | 13852 | 7196 | -304 | 1307 | -298 |
| 104 | 3744 | 12300 | 7300 | -603 | -3217 | -343 | 2748 | 13800 | 7024 | -413 | -1442 | -1785 |
| 105 | 3852 | 12072 | 7072 | -576 | -9852 | 200 | 2704 | 13908 | 6916 | -264 | -1793 | -466 |
| 106 | 3916 | 11892 | 6892 | -450 | 6926 | -343 | 2676 | 13820 | 7024 | -465 | -347 | -281 |
| 107 | 3800 | 11412 | 6412 | 5462 | 3907 | -281 | 2636 | 13912 | 7048 | -489 | 1703 | -298 |
| 108 | 3728 | 11916 | 6916 | -98 | -2899 | -1785 | 2680 | 13840 | 6972 | -479 | 1324 | -343 |
| 109 | 3744 | 12144 | 7144 | -482 | -2959 | -343 | 2572 | 13892 | 6848 | -423 | 1219 | 200 |
| 110 | 3852 | 12284 | 7284 | -6541 | -2448 | 200 | 2620 | 13908 | 7024 | 5462 | 1448 | 200 |
| 111 | 3916 | 12548 | 7548 | -834 | -2070 | -314 | 2708 | 13964 | 7064 | -98 | -1472 | -343 |
| 112 | 3812 | 12688 | 7688 | -678 | -1507 | -343 | 2680 | 13840 | 6972 | -482 | 1136 | -281 |
| 113 | 3632 | 12404 | 7404 | -528 | 2308 | -281 | 2572 | 13892 | 6848 | -6354 | 9631 | -298 |
| 114 | 3692 | 11984 | 6984 | -304 | 1307 | -298 | 2620 | 13908 | 7024 | 308 | 5613 | -343 |
| 115 | 3728 | 12052 | 7052 | -413 | -1442 | -1785 | 2708 | 13964 | 7064 | 5465 | -1430 | 200 |
| 116 | 3728 | 11652 | 6652 | -264 | -1793 | -466 | 2756 | 13852 | 7196 | 526 | -1222 | -343 |
| 117 | 3744 | 11808 | 6808 | -270 | -347 | -420 | 2748 | 13800 | 7024 | -270 | -347 | -420 |
| 118 | 3852 | 12056 | 7056 | -276 | 1703 | -314 | 2704 | 13908 | 6916 | -276 | 1703 | -314 |
| 119 | 3916 | 12412 | 7412 | -274 | 1324 | -183 | 2676 | 13820 | 7024 | -274 | 1324 | -183 |
| 120 | 3812 | 12732 | 7732 | -257 | 1219 | 200 | 2636 | 13912 | 7048 | -257 | 1219 | 200 |

PERBANDINGAN DATA

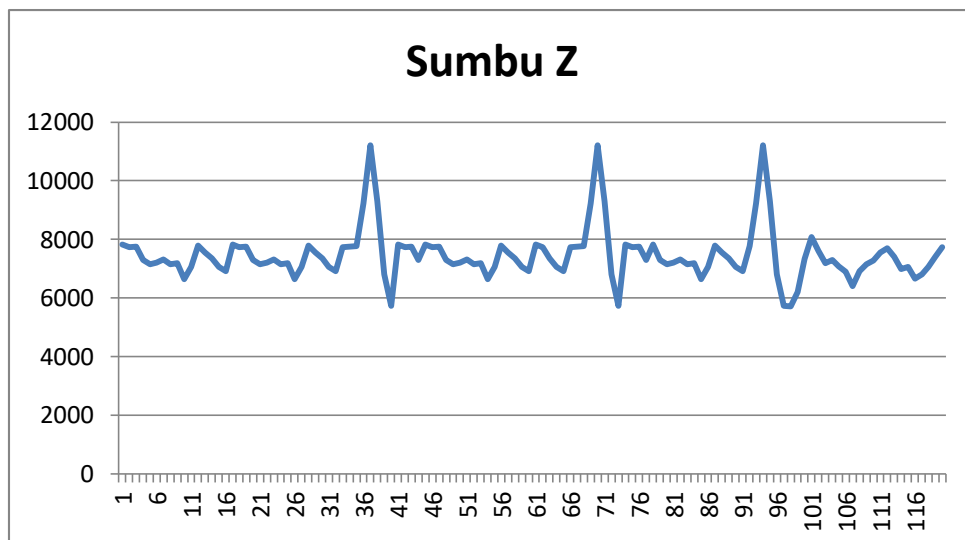
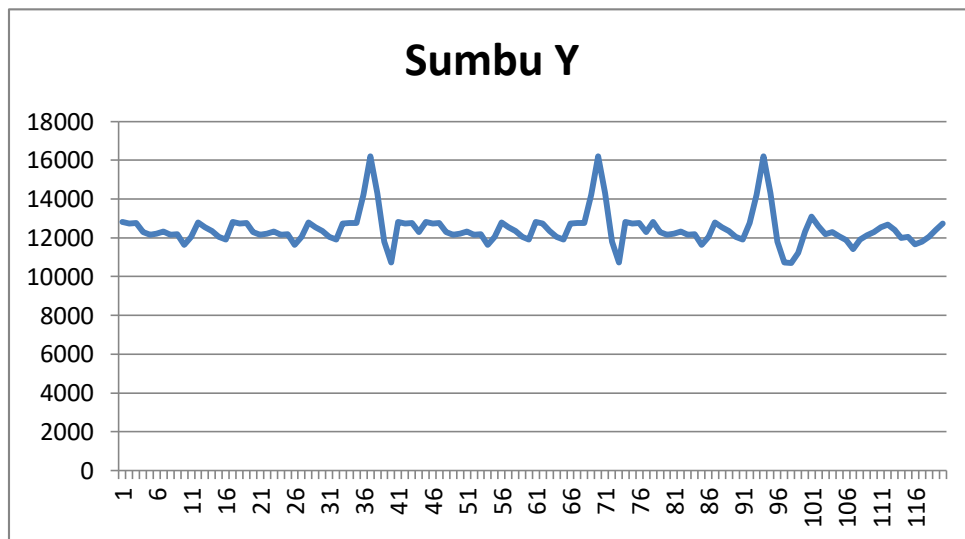
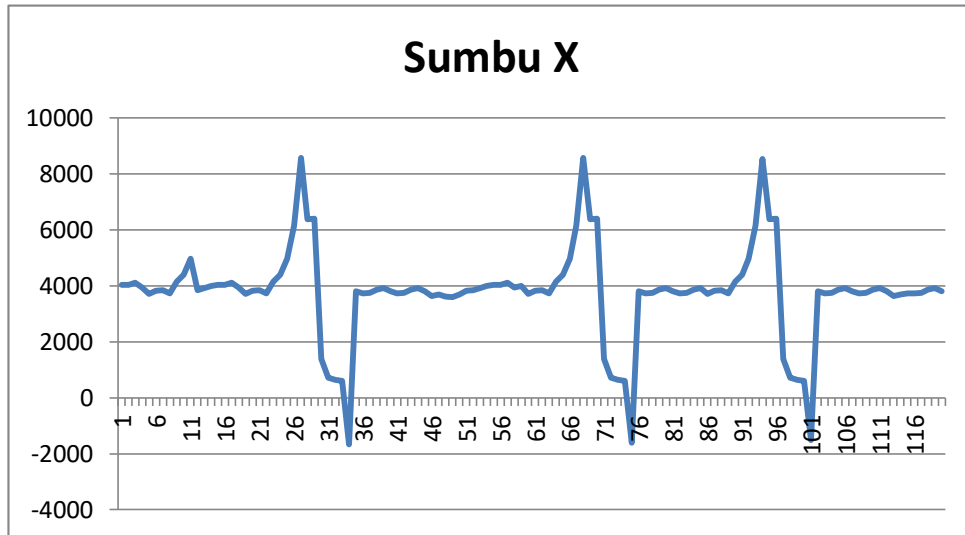
Data /1000

| No | DATA BENAR | | | | | | DATA SIMULASI | | | | | |
|----|---------------|--------|--------|-----------|--------|--------|---------------|--------|-------|-----------|--------|--------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 4.024 | 12.832 | 7.832 | -4.907 | -2.959 | -0.343 | 2.588 | 13.936 | 7.068 | -0.684 | -0.347 | -0.079 |
| 2 | 4.04 | 12.74 | 7.74 | -4.806 | -2.448 | -0.281 | 2.688 | 13.964 | 7.168 | -0.35 | 1.703 | -0.188 |
| 3 | 4.104 | 12.756 | 7.756 | -4.146 | -2.07 | -0.298 | 2.656 | 13.908 | 7.136 | -0.522 | 1.324 | -0.391 |
| 4 | 3.936 | 12.296 | 7.296 | -5.726 | -1.507 | -0.343 | 2.664 | 13.864 | 7.244 | -1.076 | 1.219 | 1.5 |
| 5 | 3.716 | 12.152 | 7.152 | -6.026 | 2.308 | 0.2 | 2.716 | 13.82 | 7.148 | -0.618 | 1.448 | -0.545 |
| 6 | 3.832 | 12.204 | 7.204 | -5.258 | 1.307 | 0.174 | 2.664 | 13.852 | 7.212 | -0.155 | -1.472 | -0.594 |
| 7 | 3.84 | 12.32 | 7.32 | -4.874 | -1.442 | 0.083 | 2.78 | 13.852 | 7.14 | 5.462 | 1.136 | -0.47 |
| 8 | 3.732 | 12.152 | 7.152 | -0.936 | -1.793 | -0.009 | 2.692 | 13.796 | 7.16 | -0.098 | 9.956 | -0.466 |
| 9 | 4.152 | 12.192 | 7.192 | -0.684 | -0.347 | -0.079 | 2.776 | 13.824 | 7.032 | -4.907 | -2.959 | -0.343 |
| 10 | 4.404 | 11.632 | 6.632 | -0.35 | 1.703 | -0.188 | 2.556 | 13.924 | 7.052 | -4.806 | -2.448 | -0.281 |
| 11 | 4.972 | 12.052 | 7.052 | -0.522 | 1.324 | -0.391 | 2.652 | 13.924 | 7.184 | -4.146 | -2.07 | -0.298 |
| 12 | 3.848 | 12.78 | 7.78 | -1.076 | 1.219 | 1.5 | 2.736 | 13.936 | 7.08 | -5.726 | -1.507 | -0.343 |
| 13 | 3.916 | 12.556 | 7.556 | -0.616 | 1.448 | -0.545 | 2.796 | 13.88 | 7.212 | -6.026 | 2.308 | 0.2 |
| 14 | 3.988 | 12.352 | 7.352 | -0.156 | -1.472 | -0.594 | 2.652 | 13.904 | 7.116 | -5.258 | 1.307 | 0.174 |
| 15 | 4.024 | 12.052 | 7.052 | 5.462 | 1.136 | -0.47 | 2.664 | 13.808 | 7.228 | -4.874 | -1.442 | 0.083 |
| 16 | 4.04 | 11.912 | 6.912 | -0.098 | 9.956 | -0.466 | 2.692 | 13.848 | 7.26 | -0.936 | -1.793 | -0.009 |
| 17 | 4.104 | 12.832 | 7.832 | -0.482 | 5.613 | -0.42 | 2.68 | 13.764 | 7.256 | -0.649 | 6.926 | -0.343 |
| 18 | 3.936 | 12.74 | 7.74 | -2.75 | -1.43 | -0.314 | 2.652 | 13.8 | 7.244 | -0.114 | 3.907 | -1.35 |
| 19 | 3.716 | 12.756 | 7.756 | -0.936 | -1.222 | -0.183 | 2.684 | 13.752 | 7.336 | 0.205 | -2.899 | -0.298 |
| 20 | 3.832 | 12.296 | 7.296 | -0.684 | 4.095 | -0.306 | 2.668 | 13.74 | 7.332 | -0.01 | -2.959 | -0.298 |
| 21 | 3.84 | 12.152 | 7.152 | -0.35 | 6.162 | -0.314 | 2.76 | 13.868 | 7.2 | -0.334 | -2.448 | 2.985 |
| 22 | 3.732 | 12.204 | 7.204 | -0.522 | 4.441 | -0.343 | 2.732 | 13.848 | 7.18 | 5.462 | -2.07 | -0.314 |
| 23 | 4.152 | 12.32 | 7.32 | -1.438 | -3.217 | -0.281 | 2.78 | 13.764 | 7.208 | -0.098 | -1.507 | -0.343 |
| 24 | 4.404 | 12.152 | 7.152 | -1.311 | -9.856 | -0.298 | 2.572 | 13.848 | 7.224 | -0.482 | 2.308 | -0.281 |
| 25 | 4.972 | 12.192 | 7.192 | -0.649 | 6.926 | -0.343 | 2.632 | 13.956 | 7.3 | -2.95 | 1.307 | -0.298 |
| 26 | 6.152 | 11.632 | 6.632 | -0.114 | 3.907 | -1.35 | 2.684 | 13.812 | 7.228 | -0.952 | -1.442 | -0.343 |
| 27 | 8.575 | 12.052 | 7.052 | 0.205 | -2.899 | -0.298 | 2.636 | 13.852 | 7.244 | -0.745 | -1.793 | 0.45 |
| 28 | 6.368 | 12.78 | 7.78 | -0.01 | -2.959 | -0.298 | 2.576 | 13.908 | 7.148 | -0.482 | 5.613 | -0.42 |
| 29 | 6.396 | 12.556 | 7.556 | -0.334 | -2.448 | 2.985 | 2.808 | 13.836 | 7.18 | -2.75 | -1.43 | -0.314 |
| 30 | 1.392 | 12.352 | 7.352 | 5.462 | -2.07 | -0.314 | 2.664 | 13.84 | 7.14 | -0.936 | -1.222 | -0.183 |
| 31 | 0.712 | 12.052 | 7.052 | -0.098 | -1.507 | -0.343 | 2.616 | 13.924 | 7.02 | -0.684 | 4.095 | -0.306 |
| 32 | 0.648 | 11.912 | 6.912 | -0.482 | 2.308 | -0.281 | 2.592 | 13.796 | 7.108 | -0.35 | 6.162 | -0.314 |
| 33 | 0.604 | 12.74 | 7.74 | -2.95 | 1.307 | -0.298 | 2.608 | 13.92 | 6.98 | -0.522 | 4.441 | -0.343 |
| 34 | -1.658 | 12.756 | 7.756 | -0.952 | -1.442 | -0.343 | 2.656 | 13.836 | 7.176 | -1.438 | -3.217 | -0.281 |
| 35 | 3.8 | 12.768 | 7.768 | -0.745 | -1.793 | 0.45 | 2.592 | 13.744 | 7.108 | -1.311 | -9.856 | -0.298 |
| 36 | 3.728 | 14.22 | 9.22 | -0.733 | -0.347 | -0.314 | 2.76 | 13.76 | 7.208 | 0.162 | 6.162 | 0.364 |
| 37 | 3.744 | 16.212 | 11.212 | -0.812 | 1.703 | -0.343 | 2.592 | 13.864 | 7.072 | -0.307 | 4.441 | -1.75 |
| 38 | 3.852 | 14.304 | 9.304 | -0.634 | 1.324 | -0.45 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | -0.566 | -3.217 | -0.314 |
| 39 | 3.916 | 11.808 | 6.808 | -0.573 | 1.219 | -1.462 | 2.748 | 13.8 | 7.024 | -0.502 | -9.548 | -0.343 |
| 40 | 3.8 | 10.732 | 5.732 | -0.182 | 1.448 | -0.343 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | -0.242 | 6.926 | -0.281 |
| 41 | 3.728 | 12.832 | 7.832 | -0.187 | -1.472 | 0.55 | 2.676 | 13.82 | 7.024 | -0.01 | 3.907 | -0.298 |
| 42 | 3.744 | 12.74 | 7.74 | 5.462 | 1.136 | 0.254 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | 0.19 | -2.899 | -0.343 |
| 43 | 3.852 | 12.756 | 7.756 | -0.098 | 9.95 | -0.314 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | 0.406 | -2.959 | -0.343 |
| 44 | 3.916 | 12.296 | 7.296 | -0.482 | 5.613 | -0.343 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | 0.665 | -2.448 | 0.55 |
| 45 | 3.812 | 12.832 | 7.832 | -3.5 | -1.43 | -0.281 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | 5.462 | -2.07 | 0.254 |
| 46 | 3.632 | 12.74 | 7.74 | 0.409 | -1.222 | -0.298 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | -0.098 | -1.507 | -0.314 |
| 47 | 3.692 | 12.756 | 7.756 | 0.43 | 4.095 | -0.343 | 2.612 | 13.912 | 6.892 | -0.482 | 2.308 | -0.47 |
| 48 | 3.604 | 12.296 | 7.296 | 0.162 | 6.162 | 0.364 | 2.636 | 14.036 | 7.048 | -5.6 | 1.307 | -0.466 |
| 49 | 3.588 | 12.152 | 7.152 | -0.307 | 4.441 | -1.75 | 2.68 | 13.952 | 7.048 | -0.603 | -1.442 | -0.42 |
| 50 | 3.688 | 12.204 | 7.204 | -0.566 | -3.217 | -0.314 | 2.736 | 13.936 | 7.08 | -0.576 | -1.793 | -0.314 |
| 51 | 3.832 | 12.32 | 7.32 | -0.502 | -9.548 | -0.343 | 2.796 | 13.88 | 7.212 | -0.45 | -0.347 | -0.183 |
| 52 | 3.848 | 12.152 | 7.152 | -0.242 | 6.926 | -0.281 | 2.652 | 13.904 | 7.116 | -0.635 | 1.703 | -0.306 |
| 53 | 3.916 | 12.192 | 7.192 | -0.01 | 3.907 | -0.298 | 2.664 | 13.808 | 7.228 | -0.733 | -0.347 | -0.314 |
| 54 | 3.988 | 11.632 | 6.632 | 0.19 | -2.899 | -0.343 | 2.692 | 13.848 | 7.26 | -0.812 | 1.703 | -0.343 |
| 55 | 4.024 | 12.052 | 7.052 | 0.406 | -2.959 | -0.343 | 2.68 | 13.764 | 7.256 | -0.634 | 1.324 | -0.45 |
| 56 | 4.04 | 12.78 | 7.78 | 0.665 | -2.448 | 0.55 | 2.652 | 13.8 | 7.244 | -0.573 | 1.219 | -1.462 |
| 57 | 4.104 | 12.556 | 7.556 | 5.462 | -2.07 | 0.254 | 2.684 | 13.752 | 7.336 | -0.182 | 1.448 | -0.343 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 58 | 3.936 | 12.352 | 7.352 | -0.098 | -1.507 | -0.314 | 2.668 | 13.74 | 7.332 | -0.187 | -1.472 | 0.55 |
| 59 | 3.988 | 12.052 | 7.052 | -0.482 | 2.308 | -0.47 | 2.76 | 13.868 | 7.2 | 5.462 | 1.136 | 0.254 |
| 60 | 3.716 | 11.912 | 6.912 | -5.6 | 1.307 | -0.466 | 2.732 | 13.848 | 7.18 | -0.098 | 9.95 | -0.314 |
| 61 | 3.832 | 12.832 | 7.832 | -0.603 | -1.442 | -0.42 | 2.78 | 13.764 | 7.208 | -0.482 | 5.613 | -0.343 |
| 62 | 3.84 | 12.74 | 7.74 | -0.576 | -1.793 | -0.314 | 2.572 | 13.848 | 7.224 | -3.5 | -1.43 | -0.281 |
| 63 | 3.732 | 12.352 | 7.352 | -0.45 | -0.347 | -0.183 | 2.632 | 13.956 | 7.3 | 0.409 | -1.222 | -0.298 |
| 64 | 4.152 | 12.052 | 7.052 | -0.635 | 1.703 | -0.306 | 2.684 | 13.812 | 7.228 | 0.43 | 4.095 | -0.343 |
| 65 | 4.404 | 11.912 | 6.912 | -0.783 | 1.324 | -2.875 | 2.636 | 13.852 | 7.244 | -0.203 | 4.441 | -0.298 |
| 66 | 4.972 | 12.74 | 7.74 | -1.206 | 1.219 | -0.343 | 2.576 | 13.908 | 7.148 | -0.037 | -3.217 | -0.343 |
| 67 | 6.152 | 12.756 | 7.756 | -0.971 | 1.448 | -0.281 | 2.808 | 13.836 | 7.18 | 0.297 | -9.845 | -0.47 |
| 68 | 8.574 | 12.768 | 7.768 | -0.834 | -1.472 | -0.298 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | 0.402 | 6.926 | -0.466 |
| 69 | 6.368 | 14.22 | 9.22 | 5.462 | 1.136 | -0.298 | 2.748 | 13.8 | 7.024 | 5.462 | 3.907 | -0.42 |
| 70 | 6.396 | 16.212 | 11.212 | -0.098 | 9.604 | -0.298 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | -0.098 | -2.899 | -0.314 |
| 71 | 1.392 | 14.304 | 9.304 | -0.482 | 5.613 | -0.298 | 2.676 | 13.82 | 7.024 | -0.482 | -2.959 | -0.183 |
| 72 | 0.712 | 11.808 | 6.808 | -5.896 | -1.43 | -0.298 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | -5.74 | -2.448 | -0.306 |
| 73 | 0.648 | 10.732 | 5.732 | -0.264 | -1.222 | 2.56 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | -0.496 | -2.07 | -0.343 |
| 74 | 0.604 | 12.832 | 7.832 | -0.27 | 4.095 | -0.343 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | -0.365 | -1.507 | -0.281 |
| 75 | -1.605 | 12.74 | 7.74 | -0.243 | 6.162 | -0.281 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | -0.276 | 2.308 | -0.298 |
| 76 | 3.8 | 12.756 | 7.756 | -0.203 | 4.441 | -0.298 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | -0.274 | 1.307 | -0.343 |
| 77 | 3.728 | 12.296 | 7.296 | -0.037 | -3.217 | -0.343 | 2.656 | 13.908 | 7.136 | -0.257 | -1.442 | 0.2 |
| 78 | 3.744 | 12.832 | 7.832 | 0.297 | -9.845 | -0.47 | 2.664 | 13.864 | 7.244 | -0.371 | -1.793 | -0.343 |
| 79 | 3.852 | 12.296 | 7.296 | 0.402 | 6.926 | -0.466 | 2.716 | 13.82 | 7.148 | -0.783 | 1.324 | -2.875 |
| 80 | 3.916 | 12.152 | 7.152 | 5.462 | 3.907 | -0.42 | 2.664 | 13.852 | 7.212 | -1.206 | 1.219 | -0.343 |
| 81 | 3.8 | 12.204 | 7.204 | -0.098 | -2.899 | -0.314 | 2.78 | 13.852 | 7.14 | -0.971 | 1.448 | -0.281 |
| 82 | 3.728 | 12.32 | 7.32 | -0.482 | -2.959 | -0.183 | 2.692 | 13.796 | 7.16 | -0.834 | -1.472 | -0.298 |
| 83 | 3.744 | 12.152 | 7.152 | -5.74 | -2.448 | -0.306 | 2.776 | 13.824 | 7.032 | 5.462 | 1.136 | -0.298 |
| 84 | 3.852 | 12.192 | 7.192 | -0.496 | -2.07 | -0.343 | 2.556 | 13.924 | 7.052 | -0.098 | 9.604 | -0.298 |
| 85 | 3.916 | 11.632 | 6.632 | -0.365 | -1.507 | -0.281 | 2.652 | 13.924 | 7.184 | -0.482 | 5.613 | -0.298 |
| 86 | 3.716 | 12.052 | 7.052 | -0.276 | 2.308 | -0.298 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | -5.896 | -1.43 | -0.298 |
| 87 | 3.832 | 12.78 | 7.78 | -0.274 | 1.307 | -0.343 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | -0.264 | -1.222 | 2.56 |
| 88 | 3.84 | 12.556 | 7.556 | -0.257 | -1.442 | 0.2 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | -0.27 | 4.095 | -0.343 |
| 89 | 3.732 | 12.352 | 7.352 | -0.371 | -1.793 | -0.343 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | -0.243 | 6.162 | -0.281 |
| 90 | 4.152 | 12.052 | 7.052 | -0.465 | -0.347 | -0.281 | 2.656 | 13.908 | 7.136 | 0.127 | 4.095 | -0.343 |
| 91 | 4.404 | 11.912 | 6.912 | -0.489 | 1.703 | -0.298 | 2.664 | 13.864 | 7.244 | -0.23 | 6.162 | -0.281 |
| 92 | 4.972 | 12.768 | 7.768 | -0.479 | 1.324 | -0.343 | 2.716 | 13.82 | 7.148 | -0.54 | 4.441 | -0.298 |
| 93 | 6.152 | 14.22 | 9.22 | -0.423 | 1.219 | 0.2 | 2.664 | 13.852 | 7.212 | -0.603 | -3.217 | -0.343 |
| 94 | 8.53 | 16.212 | 11.212 | 5.462 | 1.448 | 0.2 | 2.78 | 13.852 | 7.14 | -0.576 | -9.852 | 0.2 |
| 95 | 6.368 | 14.304 | 9.304 | -0.098 | -1.472 | -0.343 | 2.748 | 13.8 | 7.024 | -0.45 | 6.926 | -0.343 |
| 96 | 6.396 | 11.808 | 6.808 | -0.482 | 1.136 | -0.281 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | 5.462 | 3.907 | -0.281 |
| 97 | 1.392 | 10.732 | 5.732 | -6.354 | 9.631 | -0.298 | 2.676 | 13.82 | 7.024 | -0.098 | -2.899 | -1.785 |
| 98 | 0.712 | 10.712 | 5.712 | 0.308 | 5.613 | -0.343 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | -0.482 | -2.959 | -0.343 |
| 99 | 0.648 | 11.212 | 6.212 | 5.465 | -1.43 | 0.2 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | -6.541 | -2.448 | 0.2 |
| 100 | 0.604 | 12.336 | 7.336 | 0.526 | -1.222 | -0.343 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | -0.834 | -2.07 | -0.314 |
| 101 | -1.506 | 13.084 | 8.084 | 0.127 | 4.095 | -0.343 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | -0.678 | -1.507 | -0.343 |
| 102 | 3.8 | 12.612 | 7.612 | -0.23 | 6.162 | -0.281 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | -0.528 | 2.308 | -0.281 |
| 103 | 3.728 | 12.188 | 7.188 | -0.54 | 4.441 | -0.298 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | -0.304 | 1.307 | -0.298 |
| 104 | 3.744 | 12.3 | 7.3 | -0.603 | -3.217 | -0.343 | 2.748 | 13.8 | 7.024 | -0.413 | -1.442 | -1.785 |
| 105 | 3.852 | 12.072 | 7.072 | -0.576 | -9.852 | 0.2 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | -0.264 | -1.793 | -0.466 |
| 106 | 3.916 | 11.892 | 6.892 | -0.45 | 6.926 | -0.343 | 2.676 | 13.82 | 7.024 | -0.465 | -0.347 | -0.281 |
| 107 | 3.8 | 11.412 | 6.412 | 5.462 | 3.907 | -0.281 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | -0.489 | 1.703 | -0.298 |
| 108 | 3.728 | 11.916 | 6.916 | -0.098 | -2.899 | -1.785 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | -0.479 | 1.324 | -0.343 |
| 109 | 3.744 | 12.144 | 7.144 | -0.482 | -2.959 | -0.343 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | -0.423 | 1.219 | 0.2 |
| 110 | 3.852 | 12.284 | 7.284 | -6.541 | -2.448 | 0.2 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | 5.462 | 1.448 | 0.2 |
| 111 | 3.916 | 12.548 | 7.548 | -0.834 | -2.07 | -0.314 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | -0.098 | -1.472 | -0.343 |
| 112 | 3.812 | 12.688 | 7.688 | -0.678 | -1.507 | -0.343 | 2.68 | 13.84 | 6.972 | -0.482 | 1.136 | -0.281 |
| 113 | 3.632 | 12.404 | 7.404 | -0.528 | 2.308 | -0.281 | 2.572 | 13.892 | 6.848 | -6.354 | 9.631 | -0.298 |
| 114 | 3.692 | 11.984 | 6.984 | -0.304 | 1.307 | -0.298 | 2.62 | 13.908 | 7.024 | 0.308 | 5.613 | -0.343 |
| 115 | 3.728 | 12.052 | 7.052 | -0.413 | -1.442 | -1.785 | 2.708 | 13.964 | 7.064 | 5.465 | -1.43 | 0.2 |
| 116 | 3.728 | 11.652 | 6.652 | -0.264 | -1.793 | -0.466 | 2.756 | 13.852 | 7.196 | 0.526 | -1.222 | -0.343 |
| 117 | 3.744 | 11.808 | 6.808 | -0.27 | -0.347 | -0.42 | 2.748 | 13.8 | 7.024 | -0.27 | -0.347 | -0.42 |
| 118 | 3.852 | 12.056 | 7.056 | -0.276 | 1.703 | -0.314 | 2.704 | 13.908 | 6.916 | -0.276 | 1.703 | -0.314 |
| 119 | 3.916 | 12.412 | 7.412 | -0.274 | 1.324 | -0.183 | 2.676 | 13.82 | 7.024 | -0.274 | 1.324 | -0.183 |
| 120 | 3.812 | 12.732 | 7.732 | -0.257 | 1.219 | 0.2 | 2.636 | 13.912 | 7.048 | -0.257 | 1.219 | 0.2 |

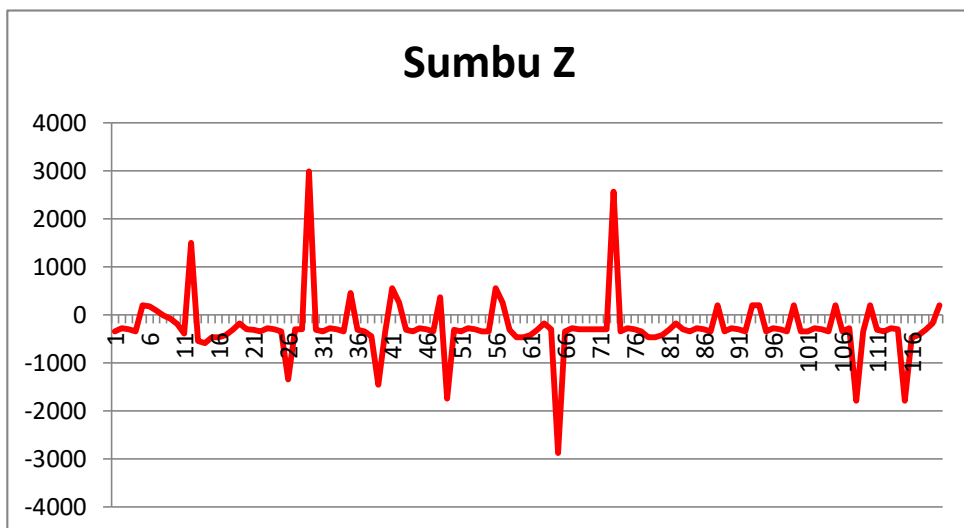
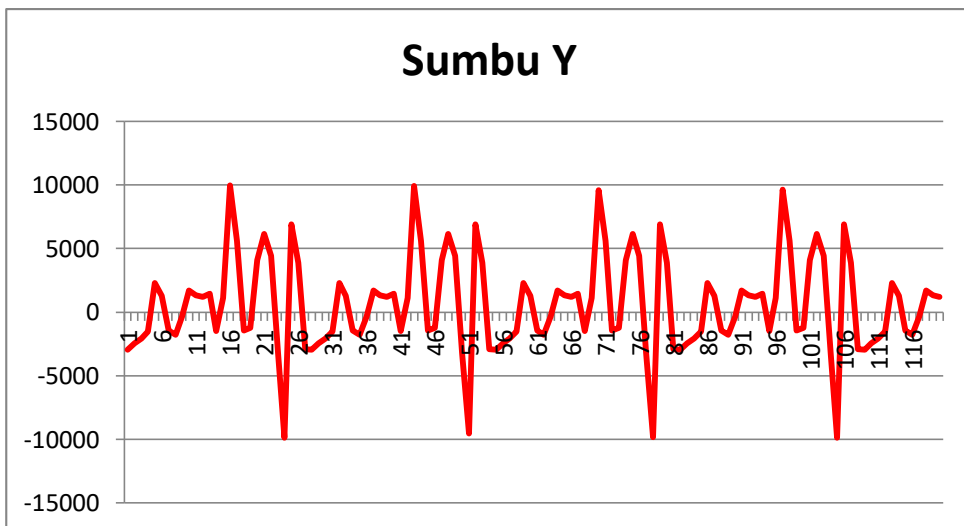
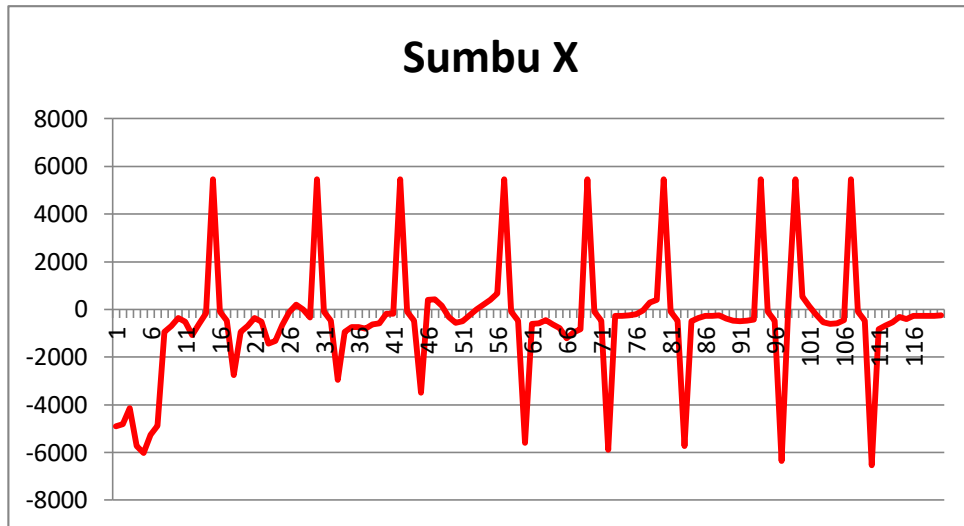
DATA SIMULASI BENAR

ACCELEROMETER



DATA SIMULASI BENAR

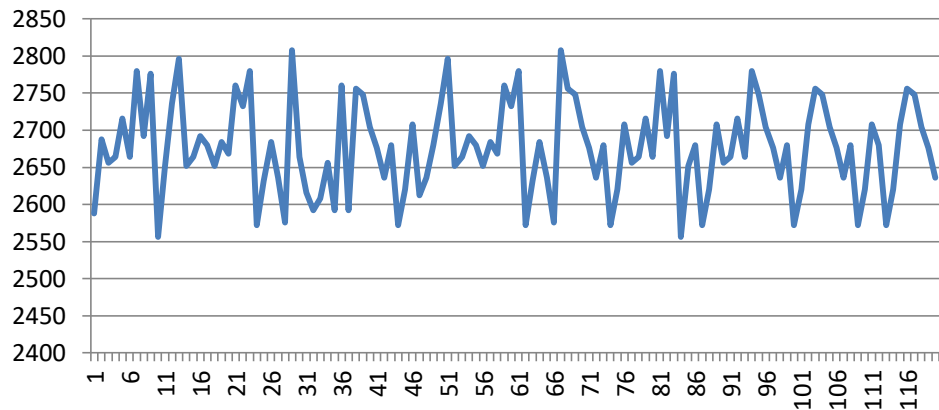
GYROSCOPE



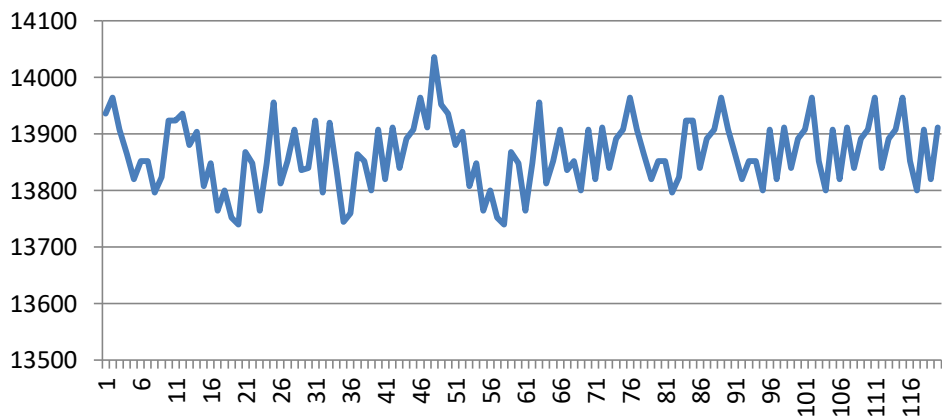
DATA SIMULASI SALAH

ACCELEROMETER

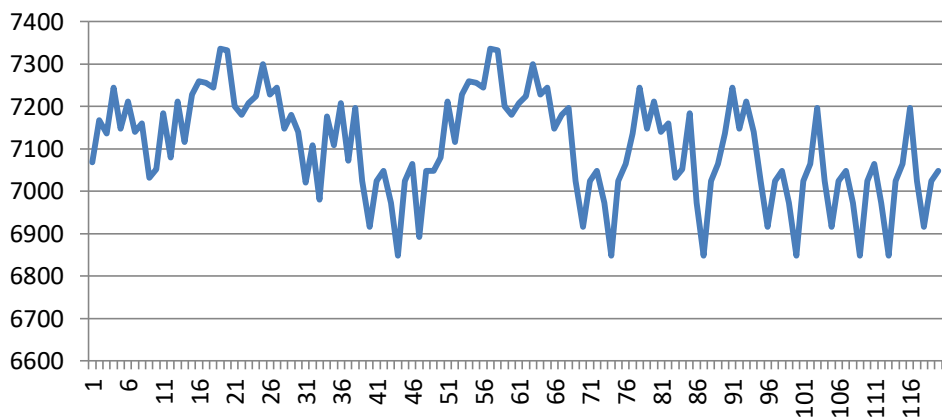
Sumbu X



Sumbu Y



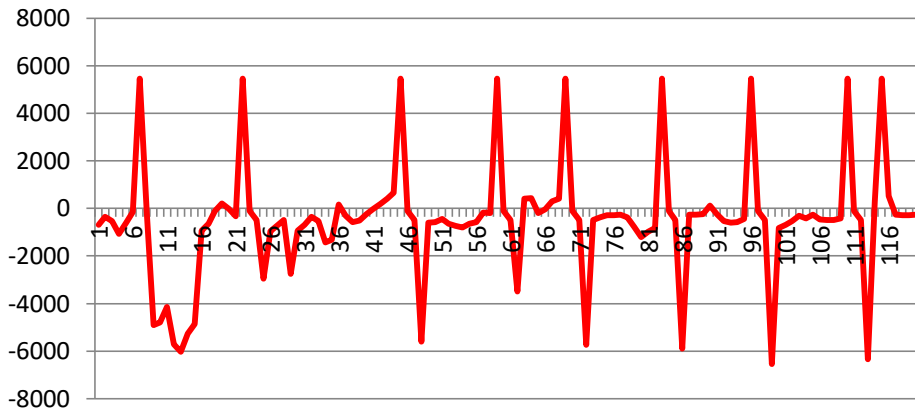
Sumbu Z



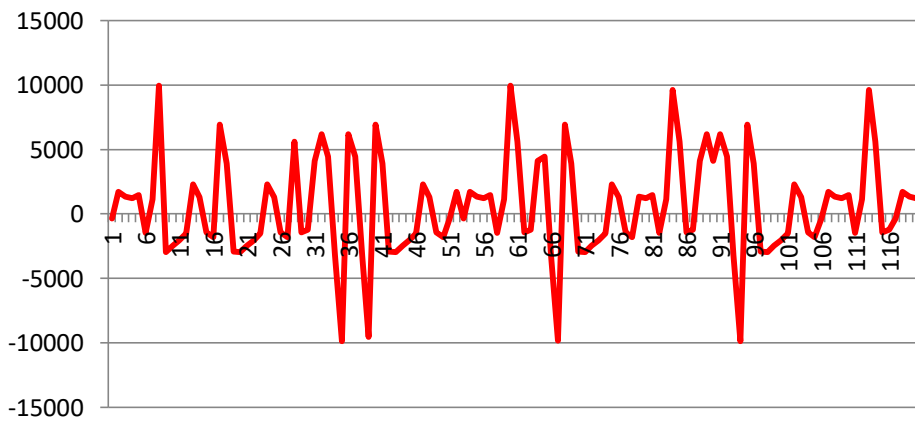
DATA SIMULASI SALAH

GYROSCOPE

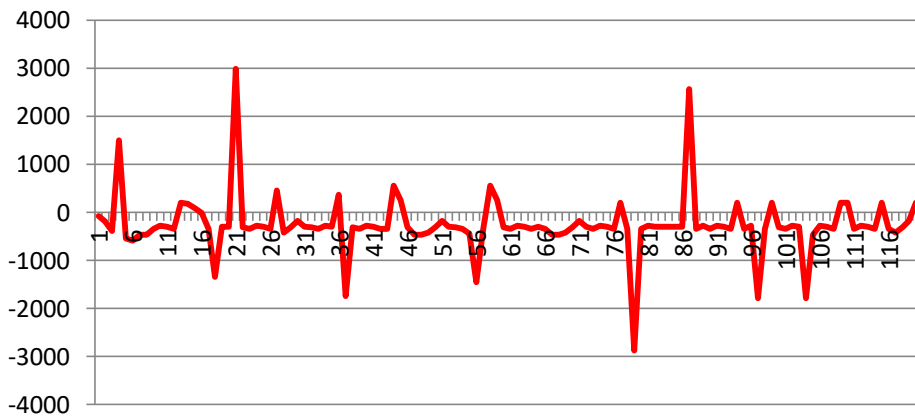
Sumbu X



Sumbu Y



Sumbu Z



| No. | ERROR | | | | | | KUADRAT ERROR | | | | | |
|-----|---------------|-------|-------|-----------|--------|-------|---------------|-------|-------|-----------|--------|-------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1.44 | -1.10 | 0.76 | -4.22 | -2.61 | -0.26 | 2.06 | 1.22 | 0.58 | 17.83 | 6.82 | 0.07 |
| 2 | 1.35 | -1.22 | 0.57 | -4.46 | -4.15 | -0.09 | 1.83 | 1.50 | 0.33 | 19.86 | 17.23 | 0.01 |
| 3 | 1.45 | -1.15 | 0.62 | -3.62 | -3.39 | 0.09 | 2.10 | 1.33 | 0.38 | 13.13 | 11.52 | 0.01 |
| 4 | 1.27 | -1.57 | 0.05 | -4.65 | -2.73 | -1.84 | 1.62 | 2.46 | 0.00 | 21.62 | 7.43 | 3.40 |
| 5 | 1.00 | -1.67 | 0.00 | -5.41 | 0.86 | 0.75 | 1.00 | 2.78 | 0.00 | 29.27 | 0.74 | 0.56 |
| 6 | 1.17 | -1.65 | -0.01 | -5.10 | 2.78 | 0.77 | 1.36 | 2.72 | 0.00 | 26.03 | 7.72 | 0.59 |
| 7 | 1.06 | -1.53 | 0.18 | -10.34 | -2.58 | 0.55 | 1.12 | 2.35 | 0.03 | 106.83 | 6.65 | 0.31 |
| 8 | 1.04 | -1.64 | -0.01 | -0.84 | -11.75 | 0.46 | 1.08 | 2.70 | 0.00 | 0.70 | 138.04 | 0.21 |
| 9 | 1.38 | -1.63 | 0.16 | 4.22 | 2.61 | 0.26 | 1.89 | 2.66 | 0.03 | 17.83 | 6.82 | 0.07 |
| 10 | 1.85 | -2.29 | -0.42 | 4.46 | 4.15 | 0.09 | 3.42 | 5.25 | 0.18 | 19.86 | 17.23 | 0.01 |
| 11 | 2.32 | -1.87 | -0.13 | 3.62 | 3.39 | -0.09 | 5.38 | 3.50 | 0.02 | 13.13 | 11.52 | 0.01 |
| 12 | 1.11 | -1.16 | 0.70 | 4.65 | 2.73 | 1.84 | 1.24 | 1.34 | 0.49 | 21.62 | 7.43 | 3.40 |
| 13 | 1.12 | -1.32 | 0.34 | 5.41 | -0.86 | -0.75 | 1.25 | 1.75 | 0.12 | 29.27 | 0.74 | 0.56 |
| 14 | 1.34 | -1.55 | 0.24 | 5.10 | -2.78 | -0.77 | 1.78 | 2.41 | 0.06 | 26.03 | 7.72 | 0.59 |
| 15 | 1.36 | -1.76 | -0.18 | 10.34 | 2.58 | -0.55 | 1.85 | 3.08 | 0.03 | 106.83 | 6.65 | 0.31 |
| 16 | 1.35 | -1.94 | -0.35 | 0.84 | 11.75 | -0.46 | 1.82 | 3.75 | 0.12 | 0.70 | 138.04 | 0.21 |
| 17 | 1.42 | -0.93 | 0.58 | 0.17 | -1.31 | -0.08 | 2.03 | 0.87 | 0.33 | 0.03 | 1.72 | 0.01 |
| 18 | 1.28 | -1.06 | 0.50 | -2.64 | -5.34 | 1.04 | 1.65 | 1.12 | 0.25 | 6.95 | 28.48 | 1.07 |
| 19 | 1.03 | -1.00 | 0.42 | -1.14 | 1.68 | 0.12 | 1.07 | 0.99 | 0.18 | 1.30 | 2.81 | 0.01 |
| 20 | 1.16 | -1.44 | -0.04 | -0.67 | 7.05 | -0.01 | 1.35 | 2.09 | 0.00 | 0.45 | 49.76 | 0.00 |
| 21 | 1.08 | -1.72 | -0.05 | -0.02 | 8.61 | -3.30 | 1.17 | 2.94 | 0.00 | 0.00 | 74.13 | 10.88 |
| 22 | 1.00 | -1.64 | 0.02 | -5.98 | 6.51 | -0.03 | 1.00 | 2.70 | 0.00 | 35.81 | 42.39 | 0.00 |
| 23 | 1.37 | -1.44 | 0.11 | -1.34 | -1.71 | 0.06 | 1.88 | 2.09 | 0.01 | 1.80 | 2.92 | 0.00 |
| 24 | 1.83 | -1.70 | -0.07 | -0.83 | -12.16 | -0.02 | 3.36 | 2.88 | 0.01 | 0.69 | 147.96 | 0.00 |
| 25 | 2.34 | -1.76 | -0.11 | 2.30 | 5.62 | -0.05 | 5.48 | 3.11 | 0.01 | 5.29 | 31.57 | 0.00 |
| 26 | 3.47 | -2.18 | -0.60 | 0.84 | 5.35 | -1.01 | 12.03 | 4.75 | 0.36 | 0.70 | 28.61 | 1.01 |
| 27 | 5.94 | -1.80 | -0.19 | 0.95 | -1.11 | -0.75 | 35.27 | 3.24 | 0.04 | 0.90 | 1.22 | 0.56 |
| 28 | 3.79 | -1.13 | 0.63 | 0.47 | -8.57 | 0.12 | 14.38 | 1.27 | 0.40 | 0.22 | 73.48 | 0.01 |
| 29 | 3.59 | -1.28 | 0.38 | 2.42 | -1.02 | 3.30 | 12.87 | 1.64 | 0.14 | 5.84 | 1.04 | 10.88 |
| 30 | -1.27 | -1.49 | 0.21 | 6.40 | -0.85 | -0.13 | 1.62 | 2.21 | 0.04 | 40.93 | 0.72 | 0.02 |
| 31 | -1.90 | -1.87 | 0.03 | 0.59 | -5.60 | -0.04 | 3.63 | 3.50 | 0.00 | 0.34 | 31.38 | 0.00 |
| 32 | -1.94 | -1.88 | -0.20 | -0.13 | -3.85 | 0.03 | 3.78 | 3.55 | 0.04 | 0.02 | 14.85 | 0.00 |
| 33 | -2.00 | -1.18 | 0.76 | -2.43 | -3.13 | 0.05 | 4.02 | 1.39 | 0.58 | 5.90 | 9.82 | 0.00 |
| 34 | -4.31 | -1.08 | 0.58 | 0.49 | 1.78 | -0.06 | 18.61 | 1.17 | 0.34 | 0.24 | 3.15 | 0.00 |
| 35 | 1.21 | -0.98 | 0.66 | 0.57 | 8.06 | 0.75 | 1.46 | 0.95 | 0.44 | 0.32 | 65.01 | 0.56 |
| 36 | 0.97 | 0.46 | 2.01 | -0.90 | -6.51 | -0.68 | 0.94 | 0.21 | 4.05 | 0.80 | 42.37 | 0.46 |
| 37 | 1.15 | 2.35 | 4.14 | -0.51 | -2.74 | 1.41 | 1.33 | 5.51 | 17.14 | 0.26 | 7.50 | 1.98 |
| 38 | 1.10 | 0.45 | 2.11 | -0.07 | 4.54 | -0.14 | 1.20 | 0.20 | 4.44 | 0.00 | 20.62 | 0.02 |
| 39 | 1.17 | -1.99 | -0.22 | -0.07 | 10.77 | -1.12 | 1.36 | 3.97 | 0.05 | 0.01 | 115.93 | 1.25 |
| 40 | 1.10 | -3.18 | -1.18 | 0.06 | -5.48 | -0.06 | 1.20 | 10.09 | 1.40 | 0.00 | 30.01 | 0.00 |
| 41 | 1.05 | -0.99 | 0.81 | -0.18 | -5.38 | 0.85 | 1.11 | 0.98 | 0.65 | 0.03 | 28.93 | 0.72 |
| 42 | 1.11 | -1.17 | 0.69 | 5.27 | 4.04 | 0.60 | 1.23 | 1.37 | 0.48 | 27.79 | 16.28 | 0.36 |
| 43 | 1.17 | -1.08 | 0.78 | -0.50 | 12.91 | 0.03 | 1.37 | 1.18 | 0.61 | 0.25 | 166.64 | 0.00 |
| 44 | 1.34 | -1.60 | 0.45 | -1.15 | 8.06 | -0.89 | 1.81 | 2.55 | 0.20 | 1.32 | 64.98 | 0.80 |
| 45 | 1.19 | -1.08 | 0.81 | -8.96 | 0.64 | -0.54 | 1.42 | 1.16 | 0.65 | 80.32 | 0.41 | 0.29 |
| 46 | 0.92 | -1.22 | 0.68 | 0.51 | 0.29 | 0.02 | 0.85 | 1.50 | 0.46 | 0.26 | 0.08 | 0.00 |
| 47 | 1.08 | -1.16 | 0.86 | 0.91 | 1.79 | 0.13 | 1.17 | 1.34 | 0.75 | 0.83 | 3.19 | 0.02 |
| 48 | 0.97 | -1.74 | 0.25 | 5.76 | 4.86 | 0.83 | 0.94 | 3.03 | 0.06 | 33.20 | 23.57 | 0.69 |
| 49 | 0.91 | -1.80 | 0.10 | 0.30 | 5.88 | -1.33 | 0.82 | 3.24 | 0.01 | 0.09 | 34.61 | 1.77 |
| 50 | 0.95 | -1.73 | 0.12 | 0.01 | -1.42 | 0.00 | 0.91 | 3.00 | 0.02 | 0.00 | 2.03 | 0.00 |
| 51 | 1.04 | -1.56 | 0.11 | -0.05 | -9.20 | -0.16 | 1.07 | 2.43 | 0.01 | 0.00 | 84.66 | 0.03 |
| 52 | 1.20 | -1.75 | 0.04 | 0.39 | 5.22 | 0.03 | 1.43 | 3.07 | 0.00 | 0.15 | 27.28 | 0.00 |
| 53 | 1.25 | -1.62 | -0.04 | 0.72 | 4.25 | 0.02 | 1.57 | 2.61 | 0.00 | 0.52 | 18.10 | 0.00 |
| 54 | 1.30 | -2.22 | -0.63 | 1.00 | -4.60 | 0.00 | 1.68 | 4.91 | 0.39 | 1.00 | 21.18 | 0.00 |
| 55 | 1.34 | -1.71 | -0.20 | 1.04 | -4.28 | 0.11 | 1.81 | 2.93 | 0.04 | 1.08 | 18.34 | 0.01 |
| 56 | 1.39 | -1.02 | 0.54 | 1.24 | -3.67 | 2.01 | 1.93 | 1.04 | 0.29 | 1.53 | 13.45 | 4.05 |
| 57 | 1.42 | -1.20 | 0.22 | 5.64 | -3.52 | 0.60 | 2.02 | 1.43 | 0.05 | 31.85 | 12.38 | 0.36 |
| 58 | 1.27 | -1.39 | 0.02 | 0.09 | -0.03 | -0.86 | 1.61 | 1.93 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.75 |
| 59 | 1.23 | -1.82 | -0.15 | -5.94 | 1.17 | -0.72 | 1.51 | 3.30 | 0.02 | 35.33 | 1.37 | 0.52 |
| 60 | 0.98 | -1.94 | -0.27 | -5.50 | -8.64 | -0.15 | 0.97 | 3.75 | 0.07 | 30.27 | 74.70 | 0.02 |
| 61 | 1.05 | -0.93 | 0.62 | -0.12 | -7.06 | -0.08 | 1.11 | 0.87 | 0.39 | 0.01 | 49.77 | 0.01 |
| 62 | 1.27 | -1.11 | 0.52 | 2.92 | -0.36 | -0.03 | 1.61 | 1.23 | 0.27 | 8.55 | 0.13 | 0.00 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 63 | 1.10 | -1.60 | 0.05 | -0.86 | 0.88 | 0.12 | 1.21 | 2.57 | 0.00 | 0.74 | 0.77 | 0.01 |
| 64 | 1.47 | -1.76 | -0.18 | -1.07 | -2.39 | 0.04 | 2.16 | 3.10 | 0.03 | 1.13 | 5.72 | 0.00 |
| 65 | 1.77 | -1.94 | -0.33 | -0.58 | -3.12 | -2.58 | 3.13 | 3.76 | 0.11 | 0.34 | 9.72 | 6.64 |
| 66 | 2.40 | -1.17 | 0.59 | -1.17 | 4.44 | 0.00 | 5.74 | 1.36 | 0.35 | 1.37 | 19.68 | 0.00 |
| 67 | 3.34 | -1.08 | 0.58 | -1.27 | 11.29 | 0.19 | 11.18 | 1.17 | 0.33 | 1.61 | 127.53 | 0.04 |
| 68 | 5.82 | -1.08 | 0.57 | -1.24 | -8.40 | 0.17 | 33.85 | 1.18 | 0.33 | 1.53 | 70.53 | 0.03 |
| 69 | 3.62 | 0.42 | 2.20 | 0.00 | -2.77 | 0.12 | 13.10 | 0.18 | 4.82 | 0.00 | 7.68 | 0.01 |
| 70 | 3.69 | 2.30 | 4.30 | 0.00 | 12.50 | 0.02 | 13.63 | 5.31 | 18.46 | 0.00 | 156.33 | 0.00 |
| 71 | -1.28 | 0.48 | 2.28 | 0.00 | 8.57 | -0.12 | 1.65 | 0.23 | 5.20 | 0.00 | 73.48 | 0.01 |
| 72 | -1.92 | -2.10 | -0.24 | -0.16 | 1.02 | 0.01 | 3.70 | 4.43 | 0.06 | 0.02 | 1.04 | 0.00 |
| 73 | -2.03 | -3.11 | -1.24 | 0.23 | 0.85 | 2.90 | 4.13 | 9.66 | 1.54 | 0.05 | 0.72 | 8.43 |
| 74 | -1.97 | -1.06 | 0.98 | 0.10 | 5.60 | -0.06 | 3.87 | 1.12 | 0.97 | 0.01 | 31.38 | 0.00 |
| 75 | -4.23 | -1.17 | 0.72 | 0.03 | 3.85 | 0.02 | 17.85 | 1.36 | 0.51 | 0.00 | 14.85 | 0.00 |
| 76 | 1.09 | -1.21 | 0.69 | 0.07 | 3.13 | 0.05 | 1.19 | 1.46 | 0.48 | 0.01 | 9.82 | 0.00 |
| 77 | 1.07 | -1.61 | 0.16 | 0.22 | -1.78 | -0.54 | 1.15 | 2.60 | 0.03 | 0.05 | 3.15 | 0.29 |
| 78 | 1.08 | -1.03 | 0.59 | 0.67 | -8.05 | -0.13 | 1.17 | 1.07 | 0.35 | 0.45 | 64.83 | 0.02 |
| 79 | 1.14 | -1.52 | 0.15 | 1.19 | 5.60 | 2.41 | 1.29 | 2.32 | 0.02 | 1.40 | 31.38 | 5.80 |
| 80 | 1.25 | -1.70 | -0.06 | 6.67 | 2.69 | -0.08 | 1.57 | 2.89 | 0.00 | 44.46 | 7.23 | 0.01 |
| 81 | 1.02 | -1.65 | 0.06 | 0.87 | -4.35 | -0.03 | 1.04 | 2.72 | 0.00 | 0.76 | 18.90 | 0.00 |
| 82 | 1.04 | -1.48 | 0.16 | 0.35 | -1.49 | 0.12 | 1.07 | 2.18 | 0.03 | 0.12 | 2.21 | 0.01 |
| 83 | 0.97 | -1.67 | 0.12 | -11.20 | -3.58 | -0.01 | 0.94 | 2.80 | 0.01 | 125.48 | 12.85 | 0.00 |
| 84 | 1.30 | -1.73 | 0.14 | -0.40 | -11.67 | -0.05 | 1.68 | 3.00 | 0.02 | 0.16 | 136.28 | 0.00 |
| 85 | 1.26 | -2.29 | -0.55 | 0.12 | -7.12 | 0.02 | 1.60 | 5.25 | 0.30 | 0.01 | 50.69 | 0.00 |
| 86 | 1.04 | -1.79 | 0.08 | 5.62 | 3.74 | 0.00 | 1.07 | 3.20 | 0.01 | 31.58 | 13.97 | 0.00 |
| 87 | 1.26 | -1.11 | 0.93 | -0.01 | 2.53 | -2.90 | 1.59 | 1.24 | 0.87 | 0.00 | 6.40 | 8.43 |
| 88 | 1.22 | -1.35 | 0.53 | 0.01 | -5.54 | 0.54 | 1.49 | 1.83 | 0.28 | 0.00 | 30.66 | 0.29 |
| 89 | 1.02 | -1.61 | 0.29 | -0.13 | -7.96 | -0.06 | 1.05 | 2.60 | 0.08 | 0.02 | 63.28 | 0.00 |
| 90 | 1.50 | -1.86 | -0.08 | -0.59 | -4.44 | 0.06 | 2.24 | 3.44 | 0.01 | 0.35 | 19.73 | 0.00 |
| 91 | 1.74 | -1.95 | -0.33 | -0.26 | -4.46 | -0.02 | 3.03 | 3.81 | 0.11 | 0.07 | 19.88 | 0.00 |
| 92 | 2.26 | -1.05 | 0.62 | 0.06 | -3.12 | -0.05 | 5.09 | 1.11 | 0.38 | 0.00 | 9.72 | 0.00 |
| 93 | 3.49 | 0.37 | 2.01 | 0.18 | 4.44 | 0.12 | 12.17 | 0.14 | 4.03 | 0.03 | 19.68 | 0.29 |
| 94 | 5.75 | 2.36 | 4.07 | 6.04 | 11.30 | 0.04 | 33.06 | 5.57 | 16.58 | 36.46 | 127.69 | 0.00 |
| 95 | 3.62 | 0.50 | 2.28 | 0.35 | -8.40 | -2.58 | 13.10 | 0.25 | 5.20 | 0.12 | 70.53 | 0.00 |
| 96 | 3.69 | -2.10 | -0.11 | -5.94 | -2.77 | 0.00 | 13.63 | 4.41 | 0.01 | 35.33 | 7.68 | 0.00 |
| 97 | -1.28 | -3.09 | -1.29 | -6.26 | 12.53 | 0.19 | 1.65 | 9.54 | 1.67 | 39.14 | 157.00 | 2.21 |
| 98 | -1.92 | -3.20 | -1.34 | 0.79 | 8.57 | 0.17 | 3.70 | 10.24 | 1.78 | 0.62 | 73.48 | 0.00 |
| 99 | -2.03 | -2.63 | -0.76 | 12.01 | 1.02 | 0.12 | 4.13 | 6.91 | 0.58 | 144.14 | 1.04 | 0.00 |
| 100 | -1.97 | -1.56 | 0.49 | 1.36 | 0.85 | 0.02 | 3.87 | 2.42 | 0.24 | 1.85 | 0.72 | 0.00 |
| 101 | -4.13 | -0.82 | 1.06 | 0.81 | 5.60 | -0.12 | 17.02 | 0.68 | 1.12 | 0.65 | 31.38 | 0.00 |
| 102 | 1.09 | -1.35 | 0.55 | 0.30 | 3.85 | 0.01 | 1.19 | 1.83 | 0.30 | 0.09 | 14.85 | 0.00 |
| 103 | 0.97 | -1.66 | -0.01 | -0.24 | 3.13 | 2.90 | 0.94 | 2.77 | 0.00 | 0.06 | 9.82 | 0.00 |
| 104 | 1.00 | -1.50 | 0.28 | -0.19 | -1.78 | -0.06 | 0.99 | 2.25 | 0.08 | 0.04 | 3.15 | 2.08 |
| 105 | 1.15 | -1.84 | 0.16 | -0.31 | -8.06 | 0.02 | 1.32 | 3.37 | 0.02 | 0.10 | 64.95 | 0.44 |
| 106 | 1.24 | -1.93 | -0.13 | 0.02 | 7.27 | 0.05 | 1.54 | 3.72 | 0.02 | 0.00 | 52.90 | 0.00 |
| 107 | 1.16 | -2.50 | -0.64 | 5.95 | 2.20 | -0.54 | 1.35 | 6.25 | 0.40 | 35.41 | 4.86 | 0.00 |
| 108 | 1.05 | -1.92 | -0.06 | 0.38 | -4.22 | -1.44 | 1.10 | 3.70 | 0.00 | 0.15 | 17.83 | 2.08 |
| 109 | 1.17 | -1.75 | 0.30 | -0.06 | -4.18 | -0.54 | 1.37 | 3.06 | 0.09 | 0.00 | 17.46 | 0.29 |
| 110 | 1.23 | -1.62 | 0.26 | -12.00 | -3.90 | 0.00 | 1.52 | 2.64 | 0.07 | 144.07 | 15.18 | 0.00 |
| 111 | 1.21 | -1.42 | 0.48 | -0.74 | -0.60 | 0.03 | 1.46 | 2.01 | 0.23 | 0.54 | 0.36 | 0.00 |
| 112 | 1.13 | -1.15 | 0.72 | -0.20 | -2.64 | -0.06 | 1.28 | 1.33 | 0.51 | 0.04 | 6.99 | 0.00 |
| 113 | 1.06 | -1.49 | 0.56 | 5.83 | -7.32 | 0.02 | 1.12 | 2.21 | 0.31 | 33.94 | 53.63 | 0.00 |
| 114 | 1.07 | -1.92 | -0.04 | -0.61 | -4.31 | 0.05 | 1.15 | 3.70 | 0.00 | 0.37 | 18.54 | 0.00 |
| 115 | 1.02 | -1.91 | -0.01 | -0.07 | 10.77 | -1.12 | 1.04 | 3.66 | 0.00 | 34.55 | 0.00 | 3.94 |
| 116 | 0.97 | -2.20 | -0.54 | 0.06 | -5.48 | -0.06 | 0.94 | 4.84 | 0.30 | 0.06 | 9.82 | 0.00 |
| 117 | 1.00 | -1.99 | -0.22 | -0.18 | -5.38 | 0.85 | 0.99 | 3.97 | 0.05 | 0.04 | 3.15 | 2.08 |
| 118 | 1.15 | -1.85 | 0.14 | 5.27 | 4.04 | 0.60 | 1.32 | 3.43 | 0.02 | 0.10 | 64.95 | 0.44 |
| 119 | 1.24 | -1.41 | 0.39 | -0.50 | 12.91 | 0.03 | 1.54 | 1.98 | 0.15 | 0.00 | 52.90 | 0.00 |
| 120 | 1.18 | -1.18 | 0.68 | -1.15 | 8.06 | -0.89 | 1.38 | 1.39 | 0.47 | 35.41 | 4.86 | 0.00 |
| Jmih | 1541.75 | 1364.35 | 1186.96 | 1009.57 | 832.17 | 654.78 | 462.74 | 329.27 | 107.96 | -54.80 | -232.19 | -409.59 |

| No. | ERROR | | | | | | ERROR/DATA AWAL | | | | | |
|-----|---------------|------|------|-----------|-------|------|-----------------|-------|------|-----------|------|------|
| | Modul Sensor | | | | | | Modul Sensor | | | | | |
| | Accelerometer | | | Gyroscope | | | Accelerometer | | | Gyroscope | | |
| | x | y | z | x | y | z | x | y | z | x | y | z |
| 1 | 1.44 | 1.10 | 0.76 | 4.22 | 2.61 | 0.26 | 2.59 | 13.94 | 7.07 | 0.68 | 0.35 | 0.08 |
| 2 | 1.35 | 1.22 | 0.57 | 4.46 | 4.15 | 0.09 | 2.69 | 13.96 | 7.17 | 0.35 | 1.70 | 0.19 |
| 3 | 1.45 | 1.15 | 0.62 | 3.62 | 3.39 | 0.09 | 2.66 | 13.91 | 7.14 | 0.52 | 1.32 | 0.39 |
| 4 | 1.27 | 1.57 | 0.05 | 4.65 | 2.73 | 1.84 | 2.66 | 13.86 | 7.24 | 1.08 | 1.22 | 1.50 |
| 5 | 1.00 | 1.67 | 0.00 | 5.41 | 0.86 | 0.75 | 2.72 | 13.82 | 7.15 | 0.62 | 1.45 | 0.55 |
| 6 | 1.17 | 1.65 | 0.01 | 5.10 | 2.78 | 0.77 | 2.66 | 13.85 | 7.21 | 0.16 | 1.47 | 0.59 |
| 7 | 1.06 | 1.53 | 0.18 | 10.34 | 2.58 | 0.55 | 2.78 | 13.85 | 7.14 | 5.46 | 1.14 | 0.47 |
| 8 | 1.04 | 1.64 | 0.01 | 0.84 | 11.75 | 0.46 | 2.69 | 13.80 | 7.16 | 0.10 | 9.96 | 0.47 |
| 9 | 1.38 | 1.63 | 0.16 | 4.22 | 2.61 | 0.26 | 2.78 | 13.82 | 7.03 | 4.91 | 2.96 | 0.34 |
| 10 | 1.85 | 2.29 | 0.42 | 4.46 | 4.15 | 0.09 | 2.56 | 13.92 | 7.05 | 4.81 | 2.45 | 0.28 |
| 11 | 2.32 | 1.87 | 0.13 | 3.62 | 3.39 | 0.09 | 2.65 | 13.92 | 7.18 | 4.15 | 2.07 | 0.30 |
| 12 | 1.11 | 1.16 | 0.70 | 4.65 | 2.73 | 1.84 | 2.74 | 13.94 | 7.08 | 5.73 | 1.51 | 0.34 |
| 13 | 1.12 | 1.32 | 0.34 | 5.41 | 0.86 | 0.75 | 2.80 | 13.88 | 7.21 | 6.03 | 2.31 | 0.20 |
| 14 | 1.34 | 1.55 | 0.24 | 5.10 | 2.78 | 0.77 | 2.65 | 13.90 | 7.12 | 5.26 | 1.31 | 0.17 |
| 15 | 1.36 | 1.76 | 0.18 | 10.34 | 2.58 | 0.55 | 2.66 | 13.81 | 7.23 | 4.87 | 1.44 | 0.08 |
| 16 | 1.35 | 1.94 | 0.35 | 0.84 | 11.75 | 0.46 | 2.69 | 13.85 | 7.26 | 0.94 | 1.79 | 0.01 |
| 17 | 1.42 | 0.93 | 0.58 | 0.17 | 1.31 | 0.08 | 2.68 | 13.76 | 7.26 | 0.65 | 6.93 | 0.34 |
| 18 | 1.28 | 1.06 | 0.50 | 2.64 | 5.34 | 1.04 | 2.65 | 13.80 | 7.24 | 0.11 | 3.91 | 1.35 |
| 19 | 1.03 | 1.00 | 0.42 | 1.14 | 1.68 | 0.12 | 2.68 | 13.75 | 7.34 | 0.21 | 2.90 | 0.30 |
| 20 | 1.16 | 1.44 | 0.04 | 0.67 | 7.05 | 0.01 | 2.67 | 13.74 | 7.33 | 0.01 | 2.96 | 0.30 |
| 21 | 1.08 | 1.72 | 0.05 | 0.02 | 8.61 | 3.30 | 2.76 | 13.87 | 7.20 | 0.33 | 2.45 | 2.99 |
| 22 | 1.00 | 1.64 | 0.02 | 5.98 | 6.51 | 0.03 | 2.73 | 13.85 | 7.18 | 5.46 | 2.07 | 0.31 |
| 23 | 1.37 | 1.44 | 0.11 | 1.34 | 1.71 | 0.06 | 2.78 | 13.76 | 7.21 | 0.10 | 1.51 | 0.34 |
| 24 | 1.83 | 1.70 | 0.07 | 0.83 | 12.16 | 0.02 | 2.57 | 13.85 | 7.22 | 0.48 | 2.31 | 0.28 |
| 25 | 2.34 | 1.76 | 0.11 | 2.30 | 5.62 | 0.05 | 2.63 | 13.96 | 7.30 | 2.95 | 1.31 | 0.30 |
| 26 | 3.47 | 2.18 | 0.60 | 0.84 | 5.35 | 1.01 | 2.68 | 13.81 | 7.23 | 0.95 | 1.44 | 0.34 |
| 27 | 5.94 | 1.80 | 0.19 | 0.95 | 1.11 | 0.75 | 2.64 | 13.85 | 7.24 | 0.75 | 1.79 | 0.45 |
| 28 | 3.79 | 1.13 | 0.63 | 0.47 | 8.57 | 0.12 | 2.58 | 13.91 | 7.15 | 0.48 | 5.61 | 0.42 |
| 29 | 3.59 | 1.28 | 0.38 | 2.42 | 1.02 | 3.30 | 2.81 | 13.84 | 7.18 | 2.75 | 1.43 | 0.31 |
| 30 | 1.27 | 1.49 | 0.21 | 6.40 | 0.85 | 0.13 | 2.66 | 13.84 | 7.14 | 0.94 | 1.22 | 0.18 |
| 31 | 1.90 | 1.87 | 0.03 | 0.59 | 5.60 | 0.04 | 2.62 | 13.92 | 7.02 | 0.68 | 4.10 | 0.31 |
| 32 | 1.94 | 1.88 | 0.20 | 0.13 | 3.85 | 0.03 | 2.59 | 13.80 | 7.11 | 0.35 | 6.16 | 0.31 |
| 33 | 2.00 | 1.18 | 0.76 | 2.43 | 3.13 | 0.05 | 2.61 | 13.92 | 6.98 | 0.52 | 4.44 | 0.34 |
| 34 | 4.31 | 1.08 | 0.58 | 0.49 | 1.78 | 0.06 | 2.66 | 13.84 | 7.18 | 1.44 | 3.22 | 0.28 |
| 35 | 1.21 | 0.98 | 0.66 | 0.57 | 8.06 | 0.75 | 2.59 | 13.74 | 7.11 | 1.31 | 9.86 | 0.30 |
| 36 | 0.97 | 0.46 | 2.01 | 0.90 | 6.51 | 0.68 | 2.76 | 13.76 | 7.21 | 0.16 | 6.16 | 0.36 |
| 37 | 1.15 | 2.35 | 4.14 | 0.51 | 2.74 | 1.41 | 2.59 | 13.86 | 7.07 | 0.31 | 4.44 | 1.75 |
| 38 | 1.10 | 0.45 | 2.11 | 0.07 | 4.54 | 0.14 | 2.76 | 13.85 | 7.20 | 0.57 | 3.22 | 0.31 |
| 39 | 1.17 | 1.99 | 0.22 | 0.07 | 10.77 | 1.12 | 2.75 | 13.80 | 7.02 | 0.50 | 9.55 | 0.34 |
| 40 | 1.10 | 3.18 | 1.18 | 0.06 | 5.48 | 0.06 | 2.70 | 13.91 | 6.92 | 0.24 | 6.93 | 0.28 |
| 41 | 1.05 | 0.99 | 0.81 | 0.18 | 5.38 | 0.85 | 2.68 | 13.82 | 7.02 | 0.01 | 3.91 | 0.30 |
| 42 | 1.11 | 1.17 | 0.69 | 5.27 | 4.04 | 0.60 | 2.64 | 13.91 | 7.05 | 0.19 | 2.90 | 0.34 |
| 43 | 1.17 | 1.08 | 0.78 | 0.50 | 12.91 | 0.03 | 2.68 | 13.84 | 6.97 | 0.41 | 2.96 | 0.34 |
| 44 | 1.34 | 1.60 | 0.45 | 1.15 | 8.06 | 0.89 | 2.57 | 13.89 | 6.85 | 0.67 | 2.45 | 0.55 |
| 45 | 1.19 | 1.08 | 0.81 | 8.96 | 0.64 | 0.54 | 2.62 | 13.91 | 7.02 | 5.46 | 2.07 | 0.25 |
| 46 | 0.92 | 1.22 | 0.68 | 0.51 | 0.29 | 0.02 | 2.71 | 13.96 | 7.06 | 0.10 | 1.51 | 0.31 |
| 47 | 1.08 | 1.16 | 0.86 | 0.91 | 1.79 | 0.13 | 2.61 | 13.91 | 6.89 | 0.48 | 2.31 | 0.47 |
| 48 | 0.97 | 1.74 | 0.25 | 5.76 | 4.86 | 0.83 | 2.64 | 14.04 | 7.05 | 5.60 | 1.31 | 0.47 |
| 49 | 0.91 | 1.80 | 0.10 | 0.30 | 5.88 | 1.33 | 2.68 | 13.95 | 7.05 | 0.60 | 1.44 | 0.42 |
| 50 | 0.95 | 1.73 | 0.12 | 0.01 | 1.42 | 0.00 | 2.74 | 13.94 | 7.08 | 0.58 | 1.79 | 0.31 |
| 51 | 1.04 | 1.56 | 0.11 | 0.05 | 9.20 | 0.16 | 2.80 | 13.88 | 7.21 | 0.45 | 0.35 | 0.18 |
| 52 | 1.20 | 1.75 | 0.04 | 0.39 | 5.22 | 0.03 | 2.65 | 13.90 | 7.12 | 0.64 | 1.70 | 0.31 |
| 53 | 1.25 | 1.62 | 0.04 | 0.72 | 4.25 | 0.02 | 2.66 | 13.81 | 7.23 | 0.73 | 0.35 | 0.31 |
| 54 | 1.30 | 2.22 | 0.63 | 1.00 | 4.60 | 0.00 | 2.69 | 13.85 | 7.26 | 0.81 | 1.70 | 0.34 |
| 55 | 1.34 | 1.71 | 0.20 | 1.04 | 4.28 | 0.11 | 2.68 | 13.76 | 7.26 | 0.63 | 1.32 | 0.45 |
| 56 | 1.39 | 1.02 | 0.54 | 1.24 | 3.67 | 2.01 | 2.65 | 13.80 | 7.24 | 0.57 | 1.22 | 1.46 |
| 57 | 1.42 | 1.20 | 0.22 | 5.64 | 3.52 | 0.60 | 2.68 | 13.75 | 7.34 | 0.18 | 1.45 | 0.34 |
| 58 | 1.27 | 1.39 | 0.02 | 0.09 | 0.03 | 0.86 | 2.67 | 13.74 | 7.33 | 0.19 | 1.47 | 0.55 |
| 59 | 1.23 | 1.82 | 0.15 | 5.94 | 1.17 | 0.72 | 2.76 | 13.87 | 7.20 | 5.46 | 1.14 | 0.25 |
| 60 | 0.98 | 1.94 | 0.27 | 5.50 | 8.64 | 0.15 | 2.73 | 13.85 | 7.18 | 0.10 | 9.95 | 0.31 |
| 61 | 1.05 | 0.93 | 0.62 | 0.12 | 7.06 | 0.08 | 2.78 | 13.76 | 7.21 | 0.48 | 5.61 | 0.34 |
| 62 | 1.27 | 1.11 | 0.52 | 2.92 | 0.36 | 0.03 | 2.57 | 13.85 | 7.22 | 3.50 | 1.43 | 0.28 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 63 | 1.10 | 1.60 | 0.05 | 0.86 | 0.88 | 0.12 | 2.63 | 13.96 | 7.30 | 0.41 | 1.22 | 0.30 |
| 64 | 1.47 | 1.76 | 0.18 | 1.07 | 2.39 | 0.04 | 2.68 | 13.81 | 7.23 | 0.43 | 4.10 | 0.34 |
| 65 | 1.77 | 1.94 | 0.33 | 0.58 | 3.12 | 2.58 | 2.64 | 13.85 | 7.24 | 0.20 | 4.44 | 0.30 |
| 66 | 2.40 | 1.17 | 0.59 | 1.17 | 4.44 | 0.00 | 2.58 | 13.91 | 7.15 | 0.04 | 3.22 | 0.34 |
| 67 | 3.34 | 1.08 | 0.58 | 1.27 | 11.29 | 0.19 | 2.81 | 13.84 | 7.18 | 0.30 | 9.85 | 0.47 |
| 68 | 5.82 | 1.08 | 0.57 | 1.24 | 8.40 | 0.17 | 2.76 | 13.85 | 7.20 | 0.40 | 6.93 | 0.47 |
| 69 | 3.62 | 0.42 | 2.20 | 0.00 | 2.77 | 0.12 | 2.75 | 13.80 | 7.02 | 5.46 | 3.91 | 0.42 |
| 70 | 3.69 | 2.30 | 4.30 | 0.00 | 12.50 | 0.02 | 2.70 | 13.91 | 6.92 | 0.10 | 2.90 | 0.31 |
| 71 | 1.28 | 0.48 | 2.28 | 0.00 | 8.57 | 0.12 | 2.68 | 13.82 | 7.02 | 0.48 | 2.96 | 0.18 |
| 72 | 1.92 | 2.10 | 0.24 | 0.16 | 1.02 | 0.01 | 2.64 | 13.91 | 7.05 | 5.74 | 2.45 | 0.31 |
| 73 | 2.03 | 3.11 | 1.24 | 0.23 | 0.85 | 2.90 | 2.68 | 13.84 | 6.97 | 0.50 | 2.07 | 0.34 |
| 74 | 1.97 | 1.06 | 0.98 | 0.10 | 5.60 | 0.06 | 2.57 | 13.89 | 6.85 | 0.37 | 1.51 | 0.28 |
| 75 | 4.23 | 1.17 | 0.72 | 0.03 | 3.85 | 0.02 | 2.62 | 13.91 | 7.02 | 0.28 | 2.31 | 0.30 |
| 76 | 1.09 | 1.21 | 0.69 | 0.07 | 3.13 | 0.05 | 2.71 | 13.96 | 7.06 | 0.27 | 1.31 | 0.34 |
| 77 | 1.07 | 1.61 | 0.16 | 0.22 | 1.78 | 0.54 | 2.66 | 13.91 | 7.14 | 0.26 | 1.44 | 0.20 |
| 78 | 1.08 | 1.03 | 0.59 | 0.67 | 8.05 | 0.13 | 2.66 | 13.86 | 7.24 | 0.37 | 1.79 | 0.34 |
| 79 | 1.14 | 1.52 | 0.15 | 1.19 | 5.60 | 2.41 | 2.72 | 13.82 | 7.15 | 0.78 | 1.32 | 2.88 |
| 80 | 1.25 | 1.70 | 0.06 | 6.67 | 2.69 | 0.08 | 2.66 | 13.85 | 7.21 | 1.21 | 1.22 | 0.34 |
| 81 | 1.02 | 1.65 | 0.06 | 0.87 | 4.35 | 0.03 | 2.78 | 13.85 | 7.14 | 0.97 | 1.45 | 0.28 |
| 82 | 1.04 | 1.48 | 0.16 | 0.35 | 1.49 | 0.12 | 2.69 | 13.80 | 7.16 | 0.83 | 1.47 | 0.30 |
| 83 | 0.97 | 1.67 | 0.12 | 11.20 | 3.58 | 0.01 | 2.78 | 13.82 | 7.03 | 5.46 | 1.14 | 0.30 |
| 84 | 1.30 | 1.73 | 0.14 | 0.40 | 11.67 | 0.05 | 2.56 | 13.92 | 7.05 | 0.10 | 9.60 | 0.30 |
| 85 | 1.26 | 2.29 | 0.55 | 0.12 | 7.12 | 0.02 | 2.65 | 13.92 | 7.18 | 0.48 | 5.61 | 0.30 |
| 86 | 1.04 | 1.79 | 0.08 | 5.62 | 3.74 | 0.00 | 2.68 | 13.84 | 6.97 | 5.90 | 1.43 | 0.30 |
| 87 | 1.26 | 1.11 | 0.93 | 0.01 | 2.53 | 2.90 | 2.57 | 13.89 | 6.85 | 0.26 | 1.22 | 2.56 |
| 88 | 1.22 | 1.35 | 0.53 | 0.01 | 5.54 | 0.54 | 2.62 | 13.91 | 7.02 | 0.27 | 4.10 | 0.34 |
| 89 | 1.02 | 1.61 | 0.29 | 0.13 | 7.96 | 0.06 | 2.71 | 13.96 | 7.06 | 0.24 | 6.16 | 0.28 |
| 90 | 1.50 | 1.86 | 0.08 | 0.59 | 4.44 | 0.06 | 2.66 | 13.91 | 7.14 | 0.13 | 4.10 | 0.34 |
| 91 | 1.74 | 1.95 | 0.33 | 0.26 | 4.46 | 0.02 | 2.66 | 13.86 | 7.24 | 0.23 | 6.16 | 0.28 |
| 92 | 2.26 | 1.05 | 0.62 | 0.06 | 3.12 | 0.05 | 2.72 | 13.82 | 7.15 | 0.54 | 4.44 | 0.30 |
| 93 | 3.49 | 0.37 | 2.01 | 0.18 | 4.44 | 0.12 | 2.66 | 13.85 | 7.21 | 0.60 | 3.22 | 0.09 |
| 94 | 5.75 | 2.36 | 4.07 | 6.04 | 11.30 | 0.04 | 2.78 | 13.85 | 7.14 | 0.58 | 9.85 | 0.16 |
| 95 | 3.62 | 0.50 | 2.28 | 0.35 | 8.40 | 2.58 | 2.75 | 13.80 | 7.02 | 0.45 | 6.93 | 2.23 |
| 96 | 3.69 | 2.10 | 0.11 | 5.94 | 2.77 | 0.00 | 2.70 | 13.91 | 6.92 | 5.46 | 3.91 | 0.28 |
| 97 | 1.28 | 3.09 | 1.29 | 6.26 | 12.53 | 0.19 | 2.68 | 13.82 | 7.02 | 0.10 | 2.90 | 0.49 |
| 98 | 1.92 | 3.20 | 1.34 | 0.79 | 8.57 | 0.17 | 2.64 | 13.91 | 7.05 | 0.48 | 2.96 | 0.51 |
| 99 | 2.03 | 2.63 | 0.76 | 12.01 | 1.02 | 0.12 | 2.68 | 13.84 | 6.97 | 6.54 | 2.45 | 0.08 |
| 100 | 1.97 | 1.56 | 0.49 | 1.36 | 0.85 | 0.02 | 2.57 | 13.89 | 6.85 | 0.83 | 2.07 | 0.36 |
| 101 | 4.13 | 0.82 | 1.06 | 0.81 | 5.60 | 0.12 | 2.62 | 13.91 | 7.02 | 0.68 | 1.51 | 0.23 |
| 102 | 1.09 | 1.35 | 0.55 | 0.30 | 3.85 | 0.01 | 2.71 | 13.96 | 7.06 | 0.53 | 2.31 | 0.29 |
| 103 | 0.97 | 1.66 | 0.01 | 0.24 | 3.13 | 2.90 | 2.76 | 13.85 | 7.20 | 0.30 | 1.31 | 3.20 |
| 104 | 1.00 | 1.50 | 0.28 | 0.19 | 1.78 | 0.06 | 2.75 | 13.80 | 7.02 | 0.41 | 1.44 | 0.28 |
| 105 | 1.15 | 1.84 | 0.16 | 0.31 | 8.06 | 0.02 | 2.70 | 13.91 | 6.92 | 0.26 | 1.79 | 0.18 |
| 106 | 1.24 | 1.93 | 0.13 | 0.02 | 7.27 | 0.05 | 2.68 | 13.82 | 7.02 | 0.47 | 0.35 | 0.39 |
| 107 | 1.16 | 2.50 | 0.64 | 5.95 | 2.20 | 0.54 | 2.64 | 13.91 | 7.05 | 0.49 | 1.70 | 0.26 |
| 108 | 1.05 | 1.92 | 0.06 | 0.38 | 4.22 | 1.44 | 2.68 | 13.84 | 6.97 | 0.48 | 1.32 | 0.34 |
| 109 | 1.17 | 1.75 | 0.30 | 0.06 | 4.18 | 0.54 | 2.57 | 13.89 | 6.85 | 0.42 | 1.22 | 0.20 |
| 110 | 1.23 | 1.62 | 0.26 | 12.00 | 3.90 | 0.00 | 2.62 | 13.91 | 7.02 | 5.46 | 1.45 | 0.20 |
| 111 | 1.21 | 1.42 | 0.48 | 0.74 | 0.60 | 0.03 | 2.71 | 13.96 | 7.06 | 0.10 | 1.47 | 0.34 |
| 112 | 1.13 | 1.15 | 0.72 | 0.20 | 2.64 | 0.06 | 2.68 | 13.84 | 6.97 | 0.48 | 1.14 | 0.28 |
| 113 | 1.06 | 1.49 | 0.56 | 5.83 | 7.32 | 0.02 | 2.57 | 13.89 | 6.85 | 6.35 | 9.63 | 0.30 |
| 114 | 1.07 | 1.92 | 0.04 | 0.61 | 4.31 | 0.05 | 2.62 | 13.91 | 7.02 | 0.31 | 5.61 | 0.34 |
| 115 | 1.02 | 1.91 | 0.01 | 0.07 | 10.77 | 1.12 | 2.71 | 13.96 | 7.06 | 0.34 | 12.21 | 0.67 |
| 116 | 0.97 | 2.20 | 0.54 | 0.06 | 5.48 | 0.06 | 2.76 | 13.85 | 7.20 | 0.32 | 3.69 | 0.40 |
| 117 | 1.00 | 1.99 | 0.22 | 0.18 | 5.38 | 0.85 | 2.75 | 13.80 | 7.02 | 0.09 | 5.03 | 1.27 |
| 118 | 1.15 | 1.85 | 0.14 | 5.27 | 4.04 | 0.60 | 2.70 | 13.91 | 6.92 | 5.55 | 2.33 | 0.91 |
| 119 | 1.24 | 1.41 | 0.39 | 0.50 | 12.91 | 0.03 | 2.68 | 13.82 | 7.02 | 0.23 | 11.59 | 0.21 |
| 120 | 1.18 | 1.18 | 0.68 | 1.15 | 8.06 | 0.89 | 2.64 | 13.91 | 7.05 | 0.89 | 6.84 | 1.09 |
| Jmih | -586.98 | -764.37 | -941.77 | -119.16 | -96.56 | -143.95 | 321.21 | 163.79 | 852.78 | 167.96 | 390.69 | 57.63 |

PERHITUNGAN MSE

| Modul Sensor | | | | | | |
|--------------|----------------------|-------|-------|------------------|-------|------|
| | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 43.86 | 42.74 | 50.90 | 12.90 | 34.12 | 0.84 |
| RSME | 6.62 | 6.54 | 7.13 | 3.59 | 5.84 | 0.91 |
| MAD | 41.44 | 41.10 | 40.76 | 4.22 | 8.61 | 0.26 |
| MAPE | 71.77 | 68.65 | 76.06 | 14.00 | 32.56 | 4.80 |

PERBANDINGAN NILAI MSE

Perbandingan Nilai MSE antara simulasi benar dengan simulasi salah

| | <i>Accelerometer</i> | | | <i>Accelerometer</i> | | |
|------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 17.847 | 6.846 | 4.766 | 43.856 | 42.744 | 50.900 |
| RSME | 4.225 | 2.616 | 2.183 | 6.622 | 6.538 | 7.134 |
| MAD | 0.210 | 0.230 | 0.106 | 41.436 | 41.104 | 40.764 |
| MAPE | 24.784 | 15.983 | 20.160 | 71.767 | 68.649 | 76.065 |

| | <i>Gyroscope</i> | | | <i>Gyroscope</i> | | |
|------|------------------|--------|-------|------------------|--------|-------|
| | x | y | z | x | y | z |
| MSE | 0.100 | 0.228 | 0.013 | 12.900 | 34.123 | 0.837 |
| RSME | 0.316 | 0.477 | 0.115 | 3.592 | 5.841 | 0.915 |
| MAD | 0.150 | 0.434 | 0.084 | 4.223 | 8.612 | 0.264 |
| MAPE | 15.403 | 20.340 | 5.033 | 13.997 | 32.557 | 4.802 |

BIODATA PENULIS



Mohamad Rival Faozi, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Kebumen pada 22 Juli 1996 silam, Penulis merupakan anak kedua dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Tunas Harapan, kemudian melanjutkan ke SDN Candiwulan II, SMPN 1 Kebumen dan SMAN 1 Kebumen. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2014 melalui jalur SNMPTN tulis.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Industri dan Manajemen Perkapalan. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* Departemen Kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan FTK ITS 2015/2016. Selain itu, Penulis juga pernah menjadi Ketua Sub Event Surabaya Sailing Competition (SFSC) Semarak Mahasiswa Teknik Perkapalan (SAMPAN) 10. Penulis juga pernah menjadi Ketua Tim peserta DECONBOTION Undip Tahun 2015. Selain itu, Penulis juga pernah Juara III RC Hang Tuah Model Boat Series I Kategori Electric Boat Tahun 2016 dan juga Juara III RC Hang Tuah Model Boat Series II Kategori Fuel Engine Boat. Penulis juga pernah menjadi Juara II dan Best Design di Kontes Kapal Cepat tak Berawak Nasional (KKCTBN) 2016. Penulis pernah mendapat peringkat 10 dalam HYDROCONTEST 2017 di Saint Tropez, Prancis.

Penulis tercatat pernah menjadi *grader* untuk mata kuliah Teknologi Material dan Mekanik dan Teknologi Las.

Email: faozirival@yahoo.com